

LEÇONS

DE

PHYSIOLOGIE

ÉLÉMENTAIRE.

AUTRES PUBLICATIONS DU Dr DALLY

Plan d'une thérapeutique par le mouvement fonctionnel, thèse inaugurale. Paris, 1859.

De l'état présent des doctrines médicales. Paris, Victor Masson et fils, 1860.

Sur les races indigènes du Nouveau-Monde et l'archéologie du Mexique. Victor Masson et fils, 1862.

Recherches sur les mariages consanguins et sur les races pures. Victor Masson et fils, 1864.

Remarques sur les aliénés et les criminels au point de vue de la responsabilité morale et légale. Victor Masson et fils, 1863.

De la place de l'homme dans la nature, par TH.-H. HUXLEY, traduit annoté et précédé d'une Introduction par le docteur E. DALLY. J.-B. Baillière, 1868.

Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales. Articles *Abyssinie*, *Ainos*, *Américains*, *Atavisme*, *Langage*, etc.

DE L'HYGIÈNE APPLIQUÉE A LA THÉRAPEUTIQUE. (*Presse scientifique des Deux Mondes*, novembre 1860.)

DE L'EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ EN MÉDECINE. (*Presse scientifique des Deux Mondes*, octobre 1861.)

LEÇONS DE THÉRAPEUTIQUE GÉNÉRALE, faites à l'École pratique en novembre et décembre 1861. (*Moniteur des sciences médicales*, avril et juin 1862.)

RAPPORT SUR L'ETHNOLOGIE DE L'ABYSSINIE. (*Bulletins de la Société d'anthropologie*, 1er fascicule, 1862.)

SUR LES DANGERS ATTRIBUÉS AUX MARIAGES CONSANGUINS. (*Gazette hebdomadaire de médecine*, 1862, nos 32, 33 et 34.)

ÉTUDE CRITIQUE SUR LA THROMBOSE ET L'EMBOLIE. (*Presse scientifique*, 1863.)

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

LEÇONS

DE

PHYSIOLOGIE

ÉLÉMENTAIRE

Par T.-H. HUXLEY

PROFESSEUR AU COLLÉGE ROYAL DES CHIRURGIENS DE LONDRES
ET A L'ÉCOLE DES MINES
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE, ETC.

TRADUITES DE L'ANGLAIS SUR LA TROISIÈME ÉDITION

PAR

LE Dr E. DALLY

PARIS
C. REINWALD, LIBRAIRE-ÉDITEUR
RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1869

PRÉFACE DU TRADUCTEUR

Le livre que nous offrons au public a atteint en Angleterre une popularité considérable qui, chaque jour, augmente et qui n'est pas seulement due à la haute réputation scientifique du professeur Huxley; elle est due surtout au mérite intrinsèque de ces leçons, à leur clarté, à leur exactitude, à leur méthode.

C'est la science sans phrases.

A vrai dire, du moment où un homme qui occupe l'une des premières positions scientifiques de l'Angleterre, — sinon la première, — mettait la main à un travail d'enseignement élémentaire, il n'en pouvait sortir qu'un chef-d'œuvre. Ma seule crainte en émettant ce jugement est d'avoir affaibli, dans cette traduction, la portée du style rigoureux et précis de l'éminent professeur. C'est ce dont le public sera juge; je le prie de me tenir compte des difficultés

indispensable pour l'intelligence des phénomènes de la vie ; en effet, l'ensemble des actes des êtres vivants se décompose en activités partielles qui tantôt relèvent de la physique, — la pesanteur, par exemple, tantôt de la chimie, — la formation de l'acide carbonique, par exemple. — Ces activités physico-chimiques sont la condition essentielle des phénomènes vitaux proprement dits. L'étude sommaire de ces deux sciences devra donc précéder celle de la physiologie, si l'on ne veut pas être arrêté à tout instant par des termes ou par des faits qui sont supposés connus des lecteurs.

Cet ouvrage se termine par des TABLEAUX STATISTIQUES du corps humain qui sont dus à M. le docteur Michaël Forster et qui constituent un document entièrement original. La conversion des poids et mesures anglais en poids et mesures français m'a forcé à modifier quelques chiffres secondaires. Mais tous les rapports ont été maintenus.

En traduisant ces leçons élémentaires, j'ai eu d'abord l'intention de servir comme je le pouvais la cause de l'enseignement populaire. De toutes les sciences que l'on pourrait populariser, en effet, il n'en est pas qui soit en état de rendre d'aussi grands services à l'hygiène et à la raison que la physiologie ; il n'en est pas qui puisse déblayer le champ de l'esprit humain d'une aussi grande somme d'erreurs, de préjugés et de superstitions.

Ensuite j'ai été heureux de montrer que les savants de l'étranger, au lieu de se confiner dans un cercle restreint, se mêlent au grand public. Ils ont brisé la barrière qui séparait les savants de profession des gens du monde. Ils ne se complaisent plus dans cette fausse dignité académique qui permettait d'appeler « le vulgaire » tout ce qui n'appartenait pas au monde scientifique. Et cela n'est pas seulement vrai de l'Angleterre; cela est vrai de toutes les nations où la vie scientifique est active et décentralisée; l'Allemagne, les États-Unis, l'Italie, etc.

Si, par là, les savants ont infusé dans toutes les classes de la société une sève féconde, ils en ont reçu en échange une estime plus vive, une popularité plus grande et, en somme, une influence plus efficace sur l'ordre social.

Puissions-nous en dire autant quelque jour, dans notre pays.

E. Dally.

LEÇONS
DE
PHYSIOLOGIE
ÉLÉMENTAIRE

LEÇON I

APERÇU GÉNÉRAL DE LA STRUCTURE ET DES FONCTIONS DU CORPS HUMAIN

1. Le corps d'un être vivant exécute des actes très-variés; les uns sont visibles au premier coup d'œil, d'autres demandent une observation plus ou moins attentive, d'autres enfin ne peuvent être découverts que par l'emploi des procédés les plus délicats de la science.

Ainsi, une portion du corps est évidemment en activité constante. Même pendant le sommeil, alors que les membres, la tête et les paupières sont en repos, l'élévation et l'abaissement incessants de la poitrine nous rappellent que nous contemplons l'image du sommeil et non celle de la mort.

Un examen plus attentif est nécessaire pour constater le mouvement du cœur, les battements des artères, les hangements de dimension de la pupille à des lumières différentes ou pour vérifier que l'air qui est expiré est plus chaud et plus humide que celui qui est inspiré.

Si enfin, nous cherchons à déterminer ce qui se passe dans un nerf quand on l'excite ou dans l'œil quand cet organe s'adapte aux différentes distances; de quels matériaux se forment la chair et le sang, ou bien encore par quel mécanisme une douleur soudaine nous fait tressaillir, nous devons mettre en œuvre tous les procédés de la logique inductive et déductive, toutes les ressources de la physique et de la chimie, toutes les délicatesses de l'expérimentation.

2. L'ensemble des faits et des théories auquel nous arrivons par les différents procédés d'investigation simples ou compliqués, en ce qui touche les actes de l'organisme et le mode de production de ces actes, constitue la science de la Physiologie humaine.

Une esquisse élémentaire de cette science et des notions anatomiques qui lui sont parfois nécessaires, tel est le sujet des chapitres qui suivent. Celui-ci sera consacré à ce qui, dans la structure du corps humain et dans ses actes ou fonctions, peut être vérifié par des observations faciles, ou tout au moins pourrait l'être si l'on avait à sa disposition des corps humains aussi aisément que des animaux pour l'examen et l'expérimentation.

5. Imaginez une chambre dont les murailles seraient faites de glace et à travers laquelle passe un courant d'air pur, glacé : ces murs ne se fondront point. Pesez ensuite avec soin un homme bien portant et faites-le se promener pendant une heure dans cette chambre; durant cet acte il dépensera évidemment une assez grande somme de force

mécanique, autant, tout au moins, qu'il en faudrait pour élever son poids aussi haut et aussi souvent qu'il l'a lui-même élevé à chaque pas. Mais, en outre, une certaine quantité de glace se fondra; c'est-à-dire se convertira en eau, ce qui prouve que cet homme aura perdu une certaine quantité de chaleur; de plus, si l'air qui entre dans la chambre traverse préalablement de l'eau de chaux, il n'y déterminera aucun précipité trouble de carbonate de chaux, parce que la quantité d'acide carbonique contenu dans l'air ordinaire est trop petite pour être appréciable de cette façon. Mais si l'air qui sort de la chambre est recueilli par le même procédé, l'eau de chaux deviendra rapidement laiteuse à cause de la précipitation du carbonate de chaux, précipitation due à l'acide carbonique qui est, ainsi que la chaleur, exhalé par l'homme. Enfin, alors même que l'air qui entre dans la chambre de glace serait tout à fait sec, celui qui est chassé par l'expiration et celui qui sort par la peau mettra en évidence des nuages de vapeur, vapeur qui, on le voit, provient du corps.

Au bout d'une heure, si l'on veut terminer cette expérience, faisons sortir l'homme qui en est le sujet et pesons-le de nouveau: nous trouverons que son poids a diminué.

Concluons donc qu'un homme vivant et en activité dépense constamment une *force mécanique*, exhale de la *chaleur*, fabrique de l'*acide carbonique et de l'eau*, et subit une *perte de substance*.

4. Cet état de choses ne pourrait pas durer indéfiniment, car notre homme serait réduit à rien; mais bien avant que les effets de cette diminution graduelle deviennent apparents à l'observateur, ils sont ressentis par le sujet en expérience et donnent lieu à deux sensations impérieuses, la faim et la soif. Pour calmer ces désirs violents, pour

restituer le poids du corps et pour lui permettre d'exhaler de la chaleur, de l'eau et de l'acide carbonique dans la même proportion et pour un temps indéfini, il est nécessaire de fournir à l'organisme trois choses, et trois seulement, savoir : de l'air frais, — une boisson, — c'est-à-dire de l'eau sous une forme ou sous une autre quelle que soit ses déguisements, — et enfin des aliments. La substance connue des chimistes sous le nom de *protéine*, qui renferme du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote, doit entrer dans la composition de cet aliment si l'on veut entretenir la vie indéfiniment ; de plus, la graisse, l'amidon ou les matières sucrées doivent y figurer également si l'on veut que l'existence soit facile.

5. Une portion des matériaux absorbés à l'état d'aliments n'est pas apte à nourrir, ou tout au moins n'est pas employée; elle abandonne le corps comme matière excrémentitielle, dans les mêmes conditions qu'elle y est entrée, sans avoir été incorporée à sa substance. Mais dans l'état de santé, et quand on ne prend que la quantité d'aliments nécessaire, aucune proportion notable de protéine, de graisse ou de matières féculentes ou sucrées ne sort de l'organisme par une voie quelconque. Presque tout ce qui abandonne le corps le fait sous la forme d'eau, d'acide carbonique, ou sous la forme d'une substance appelée *urée*, ou enfin sous la forme de composés salins.

Les chimistes ont établi que ces produits qui sont rejetés du corps et appelés excrétions, contiennent, pris dans leur ensemble, beaucoup plus d'oxygène que les aliments et l'eau ingérés ; or la seule source d'où l'organisme puisse puiser de l'oxygène, — indépendamment de la nourriture et de l'eau, — est l'air au sein duquel nous vivons. Un examen attentif de l'air qui sort de la chambre, dans l'expérience imaginaire que nous avons relatée plus haut,

montrerait que cet air a pris à l'homme de l'acide carbonique, et qu'il a perdu de l'oxygène en quantité égale ou même plus grande.

6. Ainsi, quand un homme ne perd ni ne gagne en poids, la somme des poids de toutes les substances ci-dessus énumérées qui abandonnent le corps devrait être exactement égale au poids de la nourriture et de l'eau qui y entrent, plus le poids de l'oxygène qu'il a pris à l'air.

Or, il en est réellement ainsi.

Il s'ensuit qu'un homme bien portant, « qui ne gagne ni ne perd » de sa chair, oxyde et use *incessamment*, tandis qu'il répare ses pertes *périodiquement*, de sorte que si l'on pouvait le placer, dans des conditions moyennes, sur le plateau d'une balance verticale telle que celle dont on se sert pour peser les lettres, le plateau descendrait à chaque repas, remonterait dans l'intervalle, s'écartant à des distances égales d'une position moyenne qui ne serait jamais conservée plus longtemps que quelques minutes. C'est pourquoi le poids du corps n'est jamais stationnaire; ce que nous appelons de ce nom est simplement un état où les variations s'effectuent dans d'étroites limites, état dans lequel les gains et les pertes des nombreuses transactions quotidiennes de l'économie se font équilibre.

7. Supposez que cet état physiologique d'équilibre quotidien soit atteint: il ne peut être maintenu qu'aussi longtemps que la quantité de travail mécanique exécuté et de chaleur ou d'autre force produite demeure sans changement. Qu'un homme en cet équilibre physiologique soulève du sol un poids lourd; la perte de poids qu'il aurait subie sans cet exercice sera immédiatement augmentée d'une quantité définie qui ne pourra être réparée que si une quantité proportionnelle de nourriture supplémentaire lui est fournie. Que la température s'abaisse, et le même ré-

sultat se produira si le corps reste aussi chaud qu'auparavant, puisque pour conserver cette chaleur il aura fallu en produire davantage.

Ainsi, chez un homme bien nourri, un courant d'aliments pénètre sans cesse le corps sous la forme de composés complexes contenant relativement peu d'oxygène; constamment aussi les éléments de la nourriture (qu'ils aient formé une partie de substance vivante avant ou après leur ingestion) quittent le corps combinés avec une plus grande quantité d'oxygène. La destruction et l'oxydation des composés complexes qui entrent dans l'organisme sont finalement proportionnées à la somme de force que le corps dépense, exactement de la même façon que la somme de travail que l'on obtient d'une machine à vapeur et la somme de chaleur qu'elle produit est en proportion stricte de la quantité de charbon qu'elle consomme.

8. Sortons de ces considérations générales sur la nature de la vie au point de vue du travail physiologique, pour tracer un aperçu succinct des appareils qui exécutent le travail. Nous avons vu comment fonctionne la machine, voyons maintenant comment elle est construite.

Le corps humain est, au premier coup d'œil, séparable en tête, tronc et membres. A la tête, la boîte du cerveau ou *crâne* se distingue de la *face*. Le tronc se divise en poitrine ou *thorax* et en *abdomen* ou ventre. Deux paires de membres, les supérieurs ou bras, les inférieurs ou jambes; bras ou jambes se subdivisent à leur tour aux articulations, en deux parties qui semblent analogues : la cuisse et le bras proprement dit, la jambe et l'avant-bras, le cou-de-pied et le poignet, les doigts et les orteils sont en parfaite correspondance; les orteils et les doigts sont tellement semblables qu'ils ont reçu la dénomination commune d'*appendices digitaux*, tandis que les diverses articu-

lations des doigts et des orteils s'appellent pareillement *phalanges*.

L'ensemble du corps ainsi constitué (sans y comprendre les viscères) est de chaque côté symétrique, c'est-à-dire que s'il était fendu longitudinalement par un couteau qui passerait le long de la ligne médiane, en avant et en arrière, les deux moitiés se ressembleraient presque exactement.

9. La moitié du corps divisé selon ce procédé (fig. 1, A) montrerait, au tronc, les surfaces divisées de trente-trois os réunis par une substance forte et souple en une longue colonne qui se rapproche beaucoup plus de la face postérieure ou dorsale que de la face antérieure ou abdominale du corps. Les os ainsi fendus portent le nom de *corps des vertèbres;* ils séparent le canal de la moelle épinière, long et étroit, situé le long de leur face dorsale, de la spacieuse cavité de la poitrine et de l'abdomen qui est du côté de leur face antérieure ou abdominale. Entre les cavités abdominale et spinale il n'y a aucune communication directe.

Le canal de la moelle renferme une longue corde blanche, — la moelle épinière, — qui forme une portion importante du système nerveux. La cavité antérieure est divisée en deux parties, le thorax et l'abdomen, par une paroi remarquable, moitié charnue, moitié membraneuse, le *diaphragme* (fig. 1, D), qui du côté de l'abdomen est concave, et qui est convexe du côté du thorax. Le *canal alimentaire* (fig. 1, *Al*) traverse ces cavités d'une extrémité à l'autre en perçant le diaphragme. De la même façon une longue série double de masses nerveuses distinctes, que l'on appelle ganglions, et qui sont réunies par des filets nerveux qui constituent le système du grand sympathique (fig. 1, *Sy*). L'abdomen contient outre les

parties les deux *reins* placés de chaque côté de la colonne vertébrale, le *foie*, le *pancréas* et la *rate*. Le thorax contient, outre un segment du canal alimentaire et du grand sympathique, le cœur et les deux poumons. Chacun de ces derniers est placé d'un côté du cœur qui est situé à peu près au milieu du thorax.

A l'endroit où la tête succède au corps, le dernier des trente-trois corps de vertèbres est surmonté d'une masse osseuse continue qui se prolonge dans toute la hauteur de la tête et, qui, de même que la colonne vertébrale, sépare une cavité antérieure d'une cavité postérieure. La cavité postérieure ou crâne s'ouvre dans la cavité spinale. Elle renferme une masse nerveuse appelée le cerveau, qui se continue avec la moelle épinière ; celle-ci et le cerveau constituent par leur réunion l'axe *cérébro-spinal* (CS, CS). La cavité antérieure, ou *cavité de la face*, est presque entièrement comblée par la bouche et le pharynx dans lequel s'ouvre l'extrémité supérieure du canal alimentaire appelée *gorge* ou *œsophage*.

10. Ainsi, l'étude d'une section longitudinale nous montre que le corps humain est un double tube dont les deux portions sont complétement séparées par la colonne dorsale et par l'axe osseux du crâne qui forme le plancher de l'un des tubes et le plafond de l'autre. Le tube dorsal contient l'axe cérébro-spinal, le tube abdominal contient le canal alimentaire, le système nerveux sympathique et le cœur, outre d'autres organes (fig. 1).

Des sections transversales prises perpendiculairement à l'axe de la colonne vertébrale ou à l'axe du tronc montrent encore plus nettement que tel est réellement le plan fondamental du corps humain, et que la grande différence apparente entre la tête et le tronc est due au volume différent de la cavité dorsale, relativement à la cavité abdo-

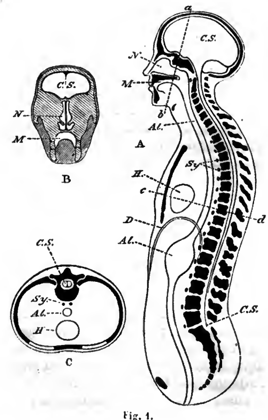


Fig. 1.

A. *Section diagrammatique du corps humain, prise verticalement par le plan médian.* — CS, système nerveux cérébro-spinal; N, cavité nasale; M, cavité buccale; Al, canal alimentaire représenté comme un simple tube droit; H, cœur; D, diaphragme; Sy, ganglions sympathiques.

B. *Section verticale transverse de la tête*, parallèle à la ligne *ab* dans fig. A. Mêmes lettres.

C. *Section transversale du corps* prise à la hauteur de la ligne *cd* dans fig. A. Mêmes lettres.

minale ou antérieure. A la tête, la première est très-volumineuse en regard de la seconde (fig. 1, B); au thorax ou à l'abdomen, elle devient très-petite (fig. 1, C).

Les membres ne renferment pas de cavités telles qu'au tronc et à la tête ; si l'on excepte quelques tubes en branches remplis de fluide, et qui sont appelés vaisseaux sanguins et lymphatiques, les membres sont pleins ou demipleins dans toute leur épaisseur.

11. Ayant ainsi tracé le caractère général et la distribution des parties du corps, il serait à propos d'examiner en quelles parties constituantes on peut les diviser sans employer d'autres moyens que l'œil et le scalpel.

D'abord on peut séparer des parties qui sont placées immédiatement au-dessous d'elle cette membrane souple qui enveloppe le corps tout entier, et que l'on appelle la peau ou le *tégument externe*. En outre, on peut aisément constater que ce tégument se divise en deux portions : une couche superficielle, composée de petites particules de substance cornée et qui s'appelle l'épiderme; et une portion plus profonde, le derme, qui est dense et fibreux. L'épiderme blessé ne cause aucune douleur et ne saigne point; le derme, au contraire, dans le même cas, est très-sensible et saigne abondamment. Cette distinction pratique est mise en évidence quand on se rase : le rasoir ne doit couper que le tissu épidermique, car en pénétrant le derme si peu que ce soit, on donne lieu à de la douleur et à une perte de sang.

La peau peut être assez aisément détachée de toutes les régions externes, mais à la marge des orifices elle semble s'interrompre, et elle est remplacée par une couche qui est beaucoup plus rouge et plus sensible, qui saigne plus facilement et qui est humectée par un liquide plus ou moins visqueux, le *mucus;* c'est pourquoi l'on dit

qu'au niveau de ces orifices la peau est remplacée par une membrane muqueuse qui tapisse toutes les cavités intérieures, telles que le canal alimentaire auquel aboutissent ces orifices. Toutefois, en réalité, la peau ne s'arrête pas à ces points; elle se prolonge à l'intérieur par la membrane muqueuse qui n'est qu'une peau d'une plus grande délicatesse, il est vrai, mais qui est constituée foncièrement par les deux mêmes couches, l'une qui est profonde, fibreuse, pourvue de vaisseaux sanguins (vasculaire) et de nerfs, l'autre qui est superficielle, cornée, insensible et non vasculaire, et que l'on appelle l'*épithélium*. Ainsi l'on peut dire que chaque partie du corps est contenue entre les parois d'un double sac formé, d'une part, par l'épiderme qui enveloppe l'extérieur du corps, et d'autre part par l'épithélium, son prolongement, qui tapisse les cavités intérieures.

12. Le derme, ainsi que la couche profonde et vasculaire qui lui correspond dans la membrane muqueuse sont principalement constitués par une substance filamenteuse qui abandonne, par l'ébullition, une quantité abondante de *gélatine* et sert à tanner les cuirs. On l'appelle tissu *aréolaire*, *fibreux*, ou mieux encore tissu *connectif*[1]. Cette dernière dénomination est la meilleure, parce que ce tissu est réellement le grand moyen à l'aide duquel les différentes parties du corps sont unies entre elles. Il se prolonge du derme à tous les organes, réunis-

[1] Toutes les parties constituantes du corps, telles que l'épiderme, les cartilages ou les muscles, prennent le nom de tissu. (H.) Le tissu dont il est ici question a reçu une foule de dénominations, selon le point de vue des auteurs et des micrographes. Son nom le plus ancien est celui de tissu *cellulaire*. M. Charles Robin, le grand anatomiste de l'école française, l'a récemment décrit sous le nom de tissu *lamineux*, parce qu'il se présente en son état de développement sous la forme de *fibres lamineuses minces*. (D.)

sant les muscles en faisceaux, recouvrant les os et les cartilages, et çà et là pénétrant jusque dans les membranes muqueuses; il envahit enfin presque toutes les parties du corps, au point que, si tous les autres tissus pouvaient en être détachés, il constituerait à lui seul un modèle achevé de toutes les formes organiques. Le tissu connectif offre d'ailleurs de nombreuses variétés; quelquefois il est mou et souple; quelquefois, au contraire, il offre une grande orce de cohésion et une densité considérable, tel est le cas pour les tendons et les ligaments qui en sont presque entièrement composés.

13. Parmi les plus importants des tissus environnés et enveloppés par le tissu connectif, il en est dont la présence et l'action peuvent être aisément déterminées pendant la vie.

Si le bras d'un homme dont l'avant-bras est étendu est saisi et fortement retenu dans l'extension par une autre personne, cette dernière, à mesure que l'homme en question fléchira son bras, sentira la masse assez molle qui est située à la face antérieure du bras se gonfler, proéminer et durcir. Si l'on étend le bras, ce gonflement et cette dureté disparaissent.

Si l'on enlevait la peau, la portion du bras qui change ainsi sa configuration se trouverait être une masse de chair rouge enveloppée dans le tissu connectif; cette enveloppe se termine à chaque extrémité par un tendon à l'aide duquel le muscle s'attache d'un côté à l'os de l'épaule, de l'autre à l'un des os de l'avant-bras. La masse charnue est le *muscle* qui porte le nom de *biceps :* les muscles ont la propriété spéciale de modifier leurs dimensions; ils se raccourcissent et s'épaississent à mesure que leur longueur diminue, quand ils sont influencés par la volonté ou par quelques-unes des causes — dites *stimulantes.* C'est en

vertu de cette propriété que le tissu musculaire devient le grand agent moteur de l'organisme, car les muscles sont disposés entre des systèmes de levier qui supportent le corps, de telle façon que leur raccourcissement nécessite le mouvement de l'un des leviers sur l'autre.

14. Ces leviers forment une partie du système de tissus durs qui constituent le squelette. Les plus mous d'entre eux sont composés d'une substance blanche, dense et ferme, ordinairement désignée du nom de cartilage. Les plus durs sont les os qui sont des masses de cartilages ou de tissu connectif durcies par l'imprégnation de phosphate et de carbonate de chaux. Ce sont des tissus animaux qui se sont en quelque sorte pétrifiés naturellement; lorsqu'on en extrait, ainsi qu'on peut le faire par l'action des acides, tous les sels de chaux, il reste un modelé des os en une substance organique molle et flexible.

On distingue plus de deux cents os séparés dans le corps humain; mais ce nombre varie suivant les âges, car plusieurs os qui sont distincts dans l'enfance, se soudent dans le vieil âge. C'est ainsi que l'on compte à l'origine, nous l'avons vu, trente-trois corps de vertèbres séparables dans la colonne vertébrale. Mais il ne reste de distinct pendant toute la vie que les vingt-quatre vertèbres supérieures. Les neuf autres, ou inférieures, se réunissent en deux os, l'un constitué par cinq vertèbres s'appelle le *sacrum*, l'autre formé par la jonction des quatre dernières s'appelle le *coccyx*. Dans la première partie de l'âge adulte, le crâne contient vingt-deux os qui se séparent naturellement, mais dans la jeunesse le nombre en est beaucoup plus grand, tandis qu'il est beaucoup plus petit chez les vieillards. Vingt-quatre côtes encerclent la poitrine, douze de chaque côté, et la plupart d'entre elles

sont réunies par des cartilages avec l'os antérieur de la poitrine ou *sternum*.

La ceinture osseuse qui supporte les épaules se compose essentiellement de deux os, l'*omoplate* et la *clavicule*. Le bassin ou pelvis, auquel les jambes sont attachées, consiste en deux os séparés qui portent chez l'adulte le nom d'*os pelvis;* mais dans la jeunesse chaque os est séparable en trois parties qui prennent les noms de *pubis*, *ischion* et *iléon*. On compte trente-trois os dans chaque bras, et autant dans chaque jambe, y compris la rotule ou os du genou.

Tous les os sont reliés par des ligaments ou par des cartilages, et, quand ils jouent librement l'un sur l'autre, un revêtement cartilagineux forme les surfaces qui doivent être en contact.

Les surfaces libres des cartilages articulaires qui entrent dans la struture d'une jointure sont recouvertes d'une membrane synoviale extrêmement fine qui sécrète un fluide lubrifiant, — la synovie.

15. Quoique les os du squelette soient tous assez fortement réunis par des ligaments et des cartilages, les articulations jouent si librement, et le centre de gravité du corps dans la situation verticale est si élevé qu'il est impossible qu'un squelette ou un cadavre reste en équilibre sur ses deux pieds. Lorsque ce sont les pieds qui fournissent les surfaces de support, les muscles du mollet (fig. 2, I) doivent se contracter, ou sinon les jambes et le corps tomberaient en avant. Mais l'action de ces muscles tend à fléchir la jambe; pour contre-balancer cette influence et tenir la jambe droite, les grands muscles de la région antérieure de la cuisse (fig. 2) doivent entrer en activité; mais ceux-ci, par leur fonction propre, produisent la flexion du tronc sur les jambes, et, pour rester droit, le

corps exige l'action antagoniste des muscles des fesses et des reins (fig. 2, III).

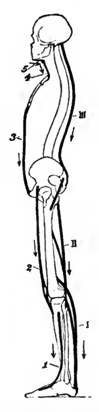


Fig. 2. — Diagramme montrant les insertions des muscles les plus importants qui maintiennent le corps dans la rectitude.

I, muscles du mollet; II, muscles de la région postérieure de la cuisse; III, muscles de l'épine qui tendent à retenir le corps en arrière; 1, muscles antérieurs de la jambe; 2, muscles antérieurs de l'abdomen; 4, 5, muscles antérieurs du cou qui empêchent le corps de tomber en arrière. Les flèches marquent la direction de l'action des muscles, le pied étant fixé.

L'attitude verticale que nous prenons si facilement et sans y penser est donc le résultat de l'action combinée et exactement proportionnée d'un grand nombre de muscles. Quel est l'agent qui les fait agir simultanément de la sorte?

16. Supposez qu'une personne dans la position verticale reçoive un violent coup sur la tête; vous savez ce qui en adviendra : subitement cette personne tombera, accablée, comme une masse, les membres relâchés et sans force. Qu'est-il arrivé? Le coup peut avoir été reçu de façon à ne pas toucher un seul muscle; il peut ne pas avoir déterminé la perte d'une seule goutte de sang; et, en réalité, si la *commotion*, — tel est le nom technique de cet accident, — n'a pas été trop violente, le malade, après quelques moments de perte de connaissance, reviendra à lui et pourra être aussi bien portant que jamais. Il sera donc alors évident qu'aucune blessure permanente n'aura été faite à une partie quelconque du corps aux muscles moins qu'à toute autre; et l'on devra conclure qu'une influence particulière a atteint le quelque chose qui gouverne le système musculaire. Cette influence peut résulter de causes très-délicates. Une forte émotion mentale et même une très-mauvaise odeur suffisent chez quelques personnes pour produire le même effet qu'un coup.

Ces remarques pourraient mener à cette conclusion, que c'est l'intelligence qui gouverne directement les muscles ; mais si l'on pousse l'enquête plus loin, on reconnaîtra que cela n'est pas : car il y a des cas où des individus ont été poignardés ou blessés par arme à feu dans le dos, de façon que sans d'autres désordres notables la moelle épinière était coupée : ces personnes avaient alors perdu la faculté de se tenir debout, quoique leur entendement fût resté parfaitement clair; et ce n'est pas seulement la faculté de la

station debout qui fait défaut dans ces cas, c'est aussi la sensibilité et l'aptitude à déterminer dans ces jambes un mouvement quelconque sous l'influence de la volonté.

17. Et cependant, quoique le siége de l'intelligence fût ainsi séparé des membres inférieurs, un pouvoir contrôleur et gouverneur y reste attaché : si l'on chatouille la plante de ces pieds impotents, les jambes seront agitées de mouvements convulsifs de même que dans l'état normal, bien qu'aucune sensation ne soit perçue par l'organisme. En outre, si l'on dirige une série de chocs électriques du côté de la moelle épinière, les jambes exécutent des mouvements plus violents même que ceux qui seraient exécutés sous l'influence de la volonté par une personne qui ne serait point blessée de la sorte. Enfin, si la blessure est d'une nature telle que la moelle soit écrasée ou profondément désorganisée, tous ces phénomènes cesseront; le chatouillement de la plante des pieds ou les chocs électriques le long de l'épine ne produiront aucun effet sur les jambes.

Par l'étude poussée même plus loin, d'une série de cas de ce genre, nous arriverons à ce résultat remarquable, que le cerveau est le siége de toutes les sensations et des actions mentales et la source première de toute contraction musculaire volontaire ; tandis que la moelle épinière est apte à recevoir une sensation de l'extérieur et à la convertir, non-seulement en un acte musculaire simple, mais en une combinaison complexe d'actes musculaires.

En résumé, nous pouvons dire en termes généraux que les centres cérébro-spinaux ont le pouvoir, quand ils reçoivent certaines impressions du dehors, de produire des mouvements musculaires simples ou combinés.

18. Remarquez cependant que les impressions du dehors ont des caractères très-différents. Tous les points de la surface extérieure du corps peuvent donner des sensations de contact, de froid ou de chaud ; et tous les corps de la nature peuvent, dans certaines conditions, produire ces sensations. Mais un fort petit nombre de points très-limités sont aptes à être affectés de telle façon qu'ils ressentent les impressions du goût, de l'odorat, de la vue ou de l'ouïe ; et un très-petit nombre de substances, ou, si l'on veut, de genres particuliers de vibrations, sont aptes à impressionner ces régions. Ces points, très-limités, qui nous mettent en rapport avec un genre particulier de substances ou de formes de force, sont ce que l'on appelle des *organes sensoriels* ou de sensibilité spéciale. De ces organes, il en est deux pour la vue, deux pour l'ouïe, deux pour l'odorat, et un ou même deux, — pour parler exactement, — pour le goût.

19. Et maintenant que nous avons pris cette idée générale de la structure du corps, des organes qui le constituent, de ceux qui le meuvent et de ceux qui le mettent en relations avec le monde extérieur, ou, en d'autres termes, lui permettent de se mouvoir en harmonie avec ces influences, considérons les moyens par lesquels cet admirable mécanisme est maintenu en activité.

Tout travail, nous l'avons vu, implique une dépense. Le travail du système nerveux et celui des muscles supposent donc une consommation ou de leur propre substance ou de quelque autre. Et comme l'organisme ne peut rien créer, il doit posséder les moyens d'obtenir de l'extérieur les substances dont il a besoin, et de rejeter au dehors celles de ces substances qu'il a consommées. Le corps se nourrit et il excrète. Passons maintenant de ce fait brut au mécanisme par lequel il est réalisé.

Les organes qui convertissent les aliments en *nourriture* ou *nutriment* sont ceux de l'alimentation. Ceux qui distribuent le nutriment sur tous les points du corps sont ceux de la circulation, et ceux qui le débarrassent des matériaux inutiles sont ceux de l'excrétion.

20. Les organes de l'alimentation sont : la bouche, le pharynx, la gorge, l'estomac et les intestins avec leurs appendices. Leur fonction est d'abord de recevoir et de broyer les aliments. Sur ces aliments broyés, ils agissent ensuite à l'aide d'agents chimiques dont ils ont en réserve une provision qui est renouvelée au fur et à mesure qu'elle est consommée; ainsi est préparée une matière semi-liquide, qui contient des substances nutritives en solution ou en suspension, et des substances non nutritives qui portent le nom de *fèces* et doivent être évacués.

21. Un système de petits tubes dont les parois sont extrêmement fines, les vaisseaux *capillaires* (de *capilli*, cheveux), se distribue à travers tous les organes, excepté l'épiderme et ses composés, l'épithélium, les cartilages et la substance des dents. Sur tous les points ces tubes se transforment en d'autres tubes appelés *artères* et *veines*, et ceux-ci, devenant de plus en plus larges, s'ouvrent à la fin dans le cœur, organe qui, ainsi que nous l'avons vu, est situé dans le thorax. Pendant la vie, les tubes ainsi que les cavités du cœur dans lesquelles ils débouchent sont remplis d'un liquide qui est, pour la plus grande partie, ce fluide rouge que chacun connaît, le *sang*.

Les parois du cœur sont des muscles qui se contractent avec rhythme ou à des intervalles réguliers. A l'aide de ces contractions, le sang que ses cavités contiennent est lancé en jets dans les artères et de là dans les capillaires, d'où il revient au cœur par les veines.

Telle est, sommairement, la circulation du sang.

22. Le liquide qui contient en dissolution ou en suspension les substances nutritives qui résultent de la digestion traverse la couche extrêmement mince du tissu mou et perméable qui sépare la cavité du canal alimentaire des cavités des innombrables vaisseaux capillaires qui sont situés dans les parois de ce canal, et pénètrent dans le sang dont ces capillaires sont remplis. Entraîné par le courant de la circulation, le sang, chargé de substances nutritives, entre dans le cœur et est envoyé de là à tous les organes de l'économie. A ces organes, il fournit le nutriment dont il est chargé; il leur enlève les résidus provenant de l'usure, et finalement retourne au cœur par les veines, chargé des excrétions inutiles et nuisibles qui, tôt ou tard, finissent par prendre la forme d'eau, d'acide carbonique et d'urée.

23. Ces matières excrétées ou *excrémentitielles* sont séparées du corps par les *organes excréteurs*, qui sont au nombre de trois : la *peau*, les *poumons* et les *reins*.

Si divers que puissent être ces organes en apparence, ils sont construits sur un seul et même principe. Chacun d'eux, en dernière analyse, consiste en une couche très-mince, semblable au papier brouillard, dont l'une des faces, qui est libre, tapisse une cavité qui est en communication avec l'air extérieur, tandis que l'autre est en contact avec le sang qui doit être purifié.

Les matières à excréter sont extraites du sang à travers cette couche délicate de tissu filtrant, et conduites sur sa surface libre, d'où elles s'échappent.

Chacun de ces organes élimine les mêmes produits, savoir : de l'eau, de l'acide carbonique et de l'urée, ou quelque composé azoté de la même provenance. Mais cette élimination se fait en proportions variées; la peau élimine beaucoup d'eau, peu d'acide carbonique et encore moins d'urée; les poumons, beaucoup d'eau et d'acide carboni-

que, et une petite quantité d'urée (ou d'ammoniaque, qui est l'un des produits de la décomposition de l'urée); les reins, beaucoup d'eau, beaucoup d'urée et une fort petite quantité d'acide carbonique.

24. Mais les poumons jouent un double rôle, car ils sont non-seulement éliminateurs des résidus ou produits excrémentitiels, mais importateurs dans l'économie d'une substance, qui n'est exactement ni aliment, ni boisson, mais qui est aussi important que l'un et l'autre, savoir, l'*oxygène*. C'est l'oxygène qui est le grand épurateur de l'économie. Introduit par le sang, dans lequel il est absorbé, jusqu'aux parties les plus reculées de l'organisme, il s'attache aux molécules organiques qui sont hors d'usage, s'empare de leurs éléments et se combine avec eux sous des formes nouvelles et plus simples, l'acide carbonique, l'eau et l'urée.

L'oxydation ou, en d'autres termes, la *combustion* de ces matériaux usés, produit une quantité de chaleur aussi efficace que le feu pour élever le sang à la température de 40° centigr.; et ce liquide chaud, incessamment renouvelé dans toutes les parties du corps par le courant de la circulation, réchauffe l'organisme de la même façon qu'une cuisine est chauffée à l'aide d'un calorifère à eau.

25. Mais les procédés d'alimentation, de distribution ou circulation, d'excrétion et de combustion seraient plus qu'inutiles s'ils ne s'effectuaient réciproquement dans des proportions régulières. L'état d'équilibre physiologique pour être maintenu exige que, non-seulement la quantité d'aliments ingérés soit au moins équivalente à la quantité de matière excrétée, mais que ces aliments soient distribués avec la rapidité convenable au siége de chaque déperdition locale. Le système circulatoire fait l'office de l'intendance générale dans l'armée physiologique.

En outre, si le corps doit être maintenu à une tempéra-

ture sensiblement égale alors que celle de l'atmosphère est constamment variable, la marche de l'appareil de chauffage à l'eau doit être soigneusement réglée.

En d'autres termes, un organe régulateur doit être ajouté à la liste de ceux que nous avons mentionnés jusqu'ici ; et cet organe, c'est le système nerveux, qui possède non-seulement la faculté dont nous avons parlé de mouvoir nos membres et de sentir le monde extérieur, mais encore nous met au courant du besoin d'aliments et nous permet de distinguer les substances nutritives de celles qui ne le sont pas ; de développer les actions musculaires nécessaires pour prendre, tuer et cuire, guider nos mains vers nos bouches et gouverner les mouvements des mâchoires et du canal alimentaire. Par le système nerveux, le travail du cœur est régulièrement proportionné, le calibre des vaisseaux distributeurs est régularisé de façon à gouverner indirectement les procédés d'excrétion et de combustion. Mais ceux-ci sont plus directement influencés par d'autres actes du système nerveux.

26. Les diverses fonctions que nous avons jusqu'ici brièvement décrites constituent la plus grande partie de celles qui sont appelées *actions vitales* du corps humain, et aussi longtemps qu'elles s'exécutent on dit que le corps possède la *vie*. La cessation de ces fonctions est ce qui est ordinairement appelé la *mort*.

Mais il y a en réalité plusieurs genres de mort qui tout d'abord peuvent être distingués sous les deux titres de *mort locale* et de *mort générale*.

27. La mort locale ou partielle s'accomplit à tout moment dans la plupart, sinon dans toutes les parties du corps vivant. Chacune des cellules de l'épiderme et de l'épithélium meurt incessamment, est détachée et remplacée par d'autres qui, à leur tour, abandonnent l'existence com-

mune. La même chose peut se dire des corpuscules du sang et probablement de plusieurs autres des éléments de nos tissus.

Cette forme de mort locale est insensible pour nous et essentielle au maintien de la vie ; mais occasionnellement cette forme de mort se présente à nous comme le résultat d'une blessure ou la conséquence d'une maladie. Une brûlure, par exemple, peut détruire soudainement une partie plus ou moins grande de peau. Ou bien encore une partie plus ou moins importante de la peau peut se mortifier, comme cela se voit dans le *bourbillon* qui est situé au milieu d'un furoncle ; on voit parfois tout un membre mourir et offrir le singulier phénomène de la gangrène.

La mort locale de quelques tissus est suivie de leur régénération. Non-seulement toutes les formes de l'épiderme et de l'épithélium, mais encore les nerfs, le tissu connectif, les os et quelques muscles tout au moins peuvent être reproduits de la sorte, même en grand. Mais le cartilage, une fois détruit, ne se reproduit pas.

28. La mort générale présente deux types : la *mort de l'ensemble de l'organisme* et la *mort des tissus*. Par le premier terme on comprend la cessation absolue des fonctions du cerveau et des organes de la circulation et de la respiration ; par le second terme, l'entière disparition des actions vitales, des éléments ultimes qui constituent l'organisme. Quand la mort survient, le corps meurt tout d'abord, dans son ensemble ; la mort des tissus ne survient parfois qu'après un intervalle assez considérable.

Ainsi s'explique que quelque temps après ce que l'on appelle ordinairement la mort, les muscles d'un criminel exécuté peuvent encore se contracter par l'application des stimulants propres : l'homme est mort, les muscles ne le sont pas.

29. Les formes sous lesquelles la mort se produit paraissent de prime abord extrêmement variées. On parle de la mort par vieillesse, ou par une maladie interminable; de la mort par inanition, par les innombrables variétés de blessures ou par le poison. Mais, en réalité, la cause immédiate de la mort est toujours l'arrêt des fonctions de l'un de ces trois organes: le centre cérébro-spinal, les poumons ou le cœur.

Ainsi un homme peut être tué instantanément par une blessure qui attendrait la *moelle allongée* (voy. chap. XI), telle que peuvent en déterminer la pendaison ou la fracture des os-vertèbres du cou.

Ou bien la mort peut être le résultat immédiat de suffocation, strangulation, asphyxie ou submersion; en d'autres termes, de l'arrêt des fonctions respiratoires.

Ou bien encore, la mort survient tout à coup, lorsque le cœur cesse de lancer l'ondée sanguine. Ces trois organes, le cerveau, les poumons et le cœur, ont été désignés par l'expression imagée de *trépied de la vie*.

En dernière analyse, cependant, la vie ne repose que sur deux bases, les poumons et le cœur; car la mort par le cerveau est toujours l'effet de l'action consécutive produite sur cet organe par les poumons et le cœur. Les fonctions du cerveau cessent quand cessent ou la circulation ou la respiration. Mais si l'on peut entretenir artificiellement la circulation ou la respiration, le cerveau peut être enlevé sans déterminer la mort.

D'un autre côté, si le sang n'a pas été soumis au contact de l'air, sa circulation par le cœur ne suffit pas à entretenir la vie, et, si la circulation a cessé, la seule aération du sang dans les poumons est également inefficace pour prévenir la mort.

30. Après la cessation de la vie, les forces ordinaires

du monde inorganique, loin de rester les serviteurs de la charpente organique, ainsi qu'ils l'étaient durant la vie, deviennent ses maîtres. L'oxygène, qui déblayait le corps vivant, devient le souverain maître du cadavre. Atome par atome, les molécules complexes des tissus sont mises en pièces et réduites à des substances plus simples et plus oxydées, jusqu'à ce que les parties molles soient évaporées, principalement sous forme d'acide carbonique, d'ammoniaque, d'eau et de sels solubles, et que les os et les dents seuls demeurent. Mais même ces tissus denses et épais ne peuvent offrir une résistance permanente à l'eau et à l'air. Tôt ou tard, la base organique qui maintient unis les sels terreux, se décompose et se dissout; les tissus solides deviennent friables et se réduisent en poussière. Finalement, ils se dissolvent et se répandent parmi les eaux de la surface du globe, de même que les produits gazeux de la décomposition se dissipent dans l'atmosphère.

Il est impossible de poursuivre avec quelque certitude ces transformations, plus variées et plus étendues que celles qui ont été imaginées par les sages de l'antiquité qui croyaient aux transmigrations; mais les probabilités sont cependant que tôt ou tard quelques-uns des atomes répandus dans l'espace sinon tous seront rassemblés en formes nouvelles d'existence.

L'action des rayons du soleil sur le monde végétal introduit dans la constitution des plantes les molécules errantes d'acide carbonique, d'eau, d'ammoniaque et de sels. Les plantes sont dévorées par les animaux, les animaux se dévorent les uns les autres, et l'homme dévore plantes et animaux; aussi est-il parfaitement possible que les atomes qui formèrent à un moment donné partie intégrante du cerveau tourmenté de Jules César peuvent aujourd'hui

être entrés dans le cerveau d'un nègre de l'Alabama ou dans celui du chien de garde d'une humble ferme.

Aussi Shakespeare n'a fait que peindre sobrement la vérité quand il fait dire à Hamlet :

La dépouille d'un César peut aller boucher quelque courant d'air. Comment se fait-il que cette poussière qui terrifiait l'univers aille cimenter des murs pour chasser les froids de l'hiver !

LEÇON II

SYSTÈME VASCULAIRE ET CIRCULATION

1. Presque toutes les parties du corps sont *vasculaires*, c'est-à-dire qu'elles sont traversées par des canaux fermés, très-petits, qui s'ouvrent l'un dans l'autre, de façon à constituer un réseau à petites mailles et à donner à ces parties le caractère d'un tissu spongieux. Ces canaux ou plutôt ces tubes sont pourvus de parois très-distinctes, et très-délicates, composées d'une membrane sans structure déterminée, au sein de laquelle sont incrustés çà et là de petits corps ovales appelés *noyaux*.

Ces tubes sont dénommés *vaisseaux capillaires*. Leur diamètre varie de 7 millièmes à 14 centièmes de millimètre ; ils sont parfois disposés en anses, quelquefois en long, ou en large, ou bien en mailles étroites ; les diamètres de ces mailles, ou, en d'autres termes, les espaces situés entre les deux tubes sont parfois un peu plus larges que les capillaires et parfois aussi plusieurs fois aussi larges (fig. 3. A, B, C, D). Ces espaces intervasculaires sont remplis par un tissu que ces capillaires traversent, de sorte

que les composés anatomiques ultimes de chaque partie du corps sont, à proprement parler, en dehors des vaisseaux ou en d'autres termes, extra-vasculaires.

Mais il y a certaines parties du corps qui, en un autre sens, plus grossier, peuvent être appelés non vasculaires,

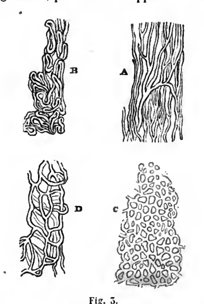


Fig. 3.

A, capillaires des muscles; B, capillaires du doigt; C, capillaires du poumon; D, capillaires de la graisse.
Grossissement d'environ 100 diamètres.

ce sont l'épiderme et l'épithélium, les ongles et les cheveux, la substance propre des dents et les cartilages. Ces parties peuvent atteindre et atteignent une grande longueur ou une grande épaisseur et ne contiennent aucun vaisseau. Cependant, comme nous venons de voir que tous les tissus ultimes sont extra-vasculaires, ceux-ci ne dif-

fèrent des autres que par le degré; le fait que tous les tissus sont en dehors des vaisseaux n'empêche en rien qu'ils ne soient imprégnés du liquide qui est dans ces vaisseaux; les parois des capillaires, en effet, sont si minces que leur contenu liquide traverse facilement la membrane délicate qui les constitue, et baigne les tissus au milieu desquels ils se trouvent.

2. Parmi les capillaires ainsi décrits, un genre contient pendant la vie le liquide rouge appelé *sang;* les autres sont remplis d'un liquide incolore, aqueux ou laiteux appelé *lymphe* ou *chyle*. Les capillaires qui contiennent le sang se prolongent en divers sens sous la forme de tubes un peu plus larges, avec des parois plus épaisses, qui sont les plus petites des artères et des veines.

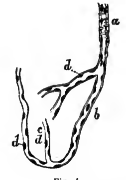


Fig. 4.
Petite artère (*a*) qui se termine en capillaires plus larges (*b*) et plus étroites (*c*); *d*, noyau incrusté dans les parois des capillaires.
Grossissement d'environ 200 diamètres.

Le seul fait que les parois de ces vaisseaux sont plus épaisses que celles des capillaires constitue une différence importante entre les capillaires d'une part, les petites artères et les petites veines d'autre part, car les parois, en

raison de cete épaisseur, deviennent beaucoup moins perméables, et ainsi l'irrigation des tissus qui est effectuée par les capillaires ne peut l'être par les autres vaisseaux.

Toutefois, la différence la plus importante entre ces vaisseaux et les capillaires ne dépend pas seulement de ce que leurs parois sont plus épaisses, mais encore qu'elles sont plus complexes. Elles se composent en effet de plusieurs membranes, dont l'une est composée de fibres mus-

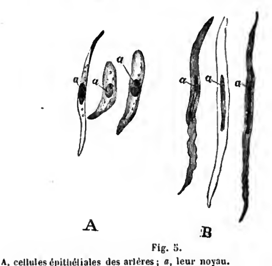


Fig. 5.

A, cellules épithéliales des artères; *a*, leur noyau.
B, Fibres musculaires des artères; celles du milieu ont été traitées par l'acide acétique, qui montre plus distinctement le noyau *a*.
Grossissement d'environ 350 diamètre.

culaires lisses (fig. 5, B) qui sont dirigées transversalement, de façon à entourer de cercles l'artère ou la veine. Cette membrane ou tunique se trouve au milieu de la paroi du vaisseau; à l'intérieur de cette paroi, tapissant la cavité du vaisseau, se trouve une couche de cellules épithéliales très-délicates et allongées (fig. 5, A; fig. 6, *c*); à l'ex-

térieur on voit une tunique de tissu fibreux (*a*, fig. 6). Les fibres musculaires sont des bandes aplaties en forme de fuseau, chacune posssédant au centre un noyau allongé comme une sorte de tige.

Quand ces fibres exercent leur propriété de contractilité, c'est-à-dire celle de se raccourcir dans le sens de la longueur et de rétrécir dans le sens de la largeur (ce qui,

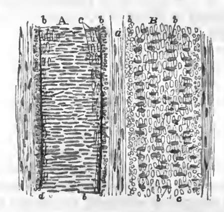


Fig. 6.

A, petite artère; B, petite veine; toutes deux ont été traitées par l'acide acétique; *a*, tunique fibreuse; *b*, noyaux de la tunique fibreuse; *c*, noyaux de la tunique épithéliale.

Grossissement d'environ 300 diamètres.

nous l'avons dit dans la première leçon, est la propriété spéciale du tissu musculaire), elles diminuent à coup sûr le calibre du vaisseau, ainsi que le ferait tout genre de compression, et cette contraction peut être poussée assez loin pour réduire à presque rien la cavité du vaisseau, et, en fait, la fermer.

La contraction des muscles des petites artères et des petites veines est réglée comme celle de tous les autres

muscles, par leurs nerfs, ou, en d'autres termes, ce sont les nerfs de ces vaisseaux qui décident si le passage à travers les tubes sera libre et ouvert ou étroit et obstrué. Ainsi, tandis que les petites artères et les petites veines perdent la fonction d'arroser directement les tissus, fonction propre aux capillaires, elles gagnent celle de régler la fourniture du sang aux irrigateurs, c'est-à-dire à ces capillaires. La contraction ou la dilatation des artères qui approvisionnent un groupe de capillaires aboutit au même résultat que l'abaissement ou l'élévation des portes d'écluses dans un système de canaux d'irrigation.

3. Les artères et les veines de petit calibre se réunissent successivement en troncs artériels ou veineux plus larges; ceux-ci aboutissent à des canaux encore plus volumineux, qui, à la fin, communiquent avec le cœur par l'intermédiaire d'un fort petit nombre de troncs veineux ou artériels.

Les plus petites des artères et les plus petites des veines sont, nous l'avons vu, de même structure; mais les veines et les artères d'un plus gros calibre diffèrent considérablement; les plus grosses artères ont des parois si épaisses et si solides qu'elles ne s'affaissent pas quand elles sont vides. Cette épaisseur et cette solidité proviennent de ce que non-seulement la tunique musculaire est très-épaisse, mais qu'en outre une forte tunique de substance fibreuse très-élastique se développe à l'extérieur de la couche musculaire. Ainsi, quand une artère volumineuse est tirée à ses extrémités, puis qu'on l'abandonne soudain, elle s'allonge et revient à ses dimensions primitives, à peu près comme un morceau de caoutchouc.

D'un autre côté, les veines volumineuses ne contiennent qu'une fort petite quantité de tissu élastique ou musculaire. Leurs parois sont donc très-minces et elles s'affaissent quand elles sont vides.

Ceci constitue une grande différence entre les grosses veines et les grosses artères ; une autre différence est l'existence de *valvules* dans l'intérieur d'un grand nombre de veines, spécialement dans celles qui se distribuent aux régions musculaires du corps.

4. Ces valvules sont des replis en forme de poches de la tunique interne des veines. Le fond de cette poche est dirigé vers les capillaires dans lesquels les veines s'ouvrent ; le bord libre de la poche est tourné dans l'autre sens, c'est-à-dire vers le cœur. L'effet de ces poches est d'empêcher le passage d'un liquide dans la direction du cœur vers les capillaires, tandis qu'elles ne s'opposent point au cours de ce liquide vers le cœur (fig. 7). L'action de

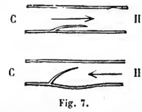


Fig. 7.

Sections diagrammatiques des veines munies de valvules. Dans la première, on a supposé que le sang coulait dans la direction de la flèche, vers le cœur; dans la seconde, la direction est contraire. C, côté des capillaires; H, côté du cœur.

quelques-unes de ces valvules peut être aisément démontrée sur le vivant. Quand le bras est à nu, on peut voir sous la peau des veines bleues courir de la main vers le haut le coude. Le diamètre de ces veines est à peu près égal et diminue régulièrement vers la main aussi longtemps que le sang qui coule dans les veines, de la main vers le bras, n'est point arrêté.

Mais si un doigt presse sur une partie élevée de l'une de ces veines et glisse de haut en bas sur cette veine, de fa-

çon à faire refluer vers la main le sang qu'elle contient, on apercevra tout d'un coup des grosseurs diverses sur plusieurs points de la longueur des veines, là où rien de pareil ne se voyait jusqu'à ce moment. Ces gonflements sont simplement des dilatations des parois de la veine causées par la pression du sang sur cette paroi, au niveau d'une valvule qui s'oppose au reflux du sang. Au moment même où l'impulsion rétrograde qui lui est imprimée a cessé, le sang coule de nouveau; la valvule, se couchant le long de la paroi de la veine, n'apporte aucun obstacle à son cours, et la distension causée par la pression s'efface (fig. 7).

Les seules artères qui aient des valvules sont l'aorte et l'artère pulmonaire, troncs primitifs qui partent du cœur: nous en parlerons plus à propos au sujet de ce dernier organe.

5. Outre le réseau des capillaires et les troncs qui sont en rapport avec eux et qui constituent le système des vaisseaux du sang, toutes les parties du corps qui possèdent des capillaires remplis de sang contiennent aussi des vaisseaux que l'on appelle capillaires *lymphatiques*. Toutefois, ni le cerveau, ni la moelle épinière, ni le globe de l'œil, ni les cartilages, ni les tendons, ni peut-être les os, n'en renferment... encore est-il probable que les exceptions sont plus apparentes que réelles; mais la question n'est pas encore résolue. Ces capillaires lymphatiques se mêlent aux vaisseaux sanguins, mais sans correspondre directement avec eux; et ils diffèrent en outre des capillaires à sang, en ce qu'ils communiquent avec des vaisseaux plus volumineux et d'un seul genre. En d'autres termes, les vaisseaux dans lesquels s'ouvrent les capillaires lymphatiques enlèvent le liquide qu'ils contiennent sans qu'aucun autre genre de vaisseaux, ainsi que cela est le cas pour les capillaires du sang, leur en apporte.

En outre, ces troncs lymphatiques ressemblent aux petites veines, en ce qu'ils sont abondamment pourvus de valvules qui permettent le libre cours du liquide provenant des capillaires lymphatiques, et s'opposent à tout cou-

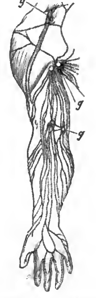


Fig. 8. — Lymphatiques de la face antérieure du bras droit; *g*, glandes lymphatiques dites *ganglions*, qu'il ne faut pas confondre avec les *ganglions nerveux*.

rant dans l'autre direction; mais ils diffèrent des veines en ce qu'ils ne s'unissent pas rapidement en troncs de plus en plus larges, qui présentent un accroissement continu de calibre et permettent un afflux régulier du sang vers le cœur. Demeurant au contraire à peu près du même volume, ils s'enlacent et se ramifient çà et là en petits corps ronds, appelés glandes lymphatiques, d'où surgissent de nouveaux

troncs. Dans ces glandes les capillaires et canaux lymphatiques sont étroitement entrelacés avec les capillaires du sang.

Tôt ou tard, cependant, la grande majorité des plus petits troncs lymphatiques projetent leur contenu dans un tube qui est à peu près du volume d'une plume d'oie, le *canal thoracique*, situé au-devant de la colonne dorsale. Ce canal vient s'ouvrir à la base du cou dans les troncs réunis qui ramènent le sang du côté gauche de la tête et du bras gauche (fig. 9, *c*). Les autres lymphatiques sont réunis par un canal commun aux veines correspondantes du côté droit.

Là où les troncs principaux du système lymphatique s'ouvrent dans les veines, se trouvent des valvules qui ne permettent le passage du liquide que dans la direction des lymphatiques vers les veines. Aussi, l'on peut dire que les vaisseaux lymphatiques font partie du système veineux, quoique, par l'action de ces valvules, le liquide des veines ne puisse pénétrer dans les lymphatiques. Tout, au contraire, vient faciliter le passage dans les veines du liquide contenu dans les lymphatiques. En réalité, en raison des nombreuses valvules des lymphatiques, chaque pression exercée sur leurs parois, ou chaque contraction de ces parois, incapable de chasser le liquide en arrière, doit plus ou moins le pousser en avant, c'est-à-dire vers les veines.

6. La partie inférieure du canal thoracique est dilatée et s'appelle le *réservoir du chyle* (*a*, fig. 9). Ce réservoir reçoit, en effet, les lymphatiques des intestins qui, bien qu'ils ne diffèrent des autres lymphatiques sous aucun rapport, sont appelés vaisseaux *lactés*, parce qu'à la suite d'un repas contenant beaucoup de matières grasses, ils se remplissent d'un fluide laiteux qu'on appelle le *chyle*. Les vaisseaux lactés ou lymphatiques du petit intestin non-

seulement forment des réseaux dans ses parois, mais encore envoient des prolongements clos dans l'épaisseur du tissu velouté dont la membrane muqueuse de cet intestin

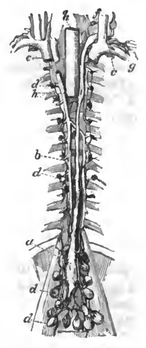


Fig. 9. — Canal thoracique.

e Canal est au milieu de la figure; il repose sur la colonne dorsale, où l'on voit attachées quelques portions de côtes. Au bas de la figure, on voit le psoas iliaque.

a, réceptacle du chyle; *b*, tronc du canal thoracique s'ouvrant en *c* à la jonction des veines jugulaire (*f*) et sous-clavière (*g*) gauches, au moment où ces veines se réunissent pour former la veine innominée gauche *e*, veine innominée droite, formée par la réunion des veines jugulaire et sous-clavière; *d*, glandes lymphatiques placées dans les régions lombaires et intercostales; *hh*, œsophage coupé : on voit deux veines qui s'étendent le long de la partie inférieure du conduit thoracique, et, un peu au-dessus du milieu de ce conduit, l'une des deux passe sous le canal et rejoint l'autre; ce sont les veines azygos.

est hérissée, et que l'on appelle les *villosités intestinales* (voy. leçon VI). Les troncs qui communiquent avec ce réseau sont situés dans le *mésentère* (ou membrane qui suspend le petit intestin à la paroi postérieure de l'abdomen) ; et les glandes à travers lesquelles passent ces troncs s'appellent *glandes mésentériques*.

7. Il convient maintenant de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les rapports de ces différents vaisseaux et sur leurs relations avec l'organe central du système vasculaire, le *cœur* (fig. 10).

Les veines de toutes les parties du corps, excepté celles des poumons, du cœur et de certains viscères de l'abdomen, se réunissent en veines plus volumineuses qui, tôt ou tard, viennent s'ouvrir dans l'un des grands troncs appelés, l'un *veine cave supérieure*, l'autre *veine cave inférieure* (fig. 10, V. C. S.; V. C. I.) qui se jettent dans l'extrémité supérieure ou *grosse* de la moitié droite du cœur.

Toutes les artères de chaque partie du corps, excepté celles des poumons, sont des branches plus ou moins éloignées d'un gros tronc, l'*aorte* (fig. 10, Ao) qui naît de la partie inférieure de la moitié gauche du cœur.

Les artères des poumons sont des branches d'un grand tronc (fig. 10, P. A) qui naît de la partie inférieure du côté droit du cœur. Les veines des poumons, au contraire, s'ouvrent par quatre troncs dans la partie supérieure du côté gauche du cœur (fig. 10, P V).

Ainsi les troncs veineux s'ouvrent dans la portion supérieure de chaque moitié du cœur : parmi ces troncs, ceux qui proviennent de l'ensemble du corps s'ouvrent dans la partie supérieure de la moitié droite, — ceux qui proviennent des poumons dans la partie supérieure de la moitié gauche; tandis que les troncs artériels naissent de la partie inférieure de chaque moitié du cœur, savoir : ceux qui se

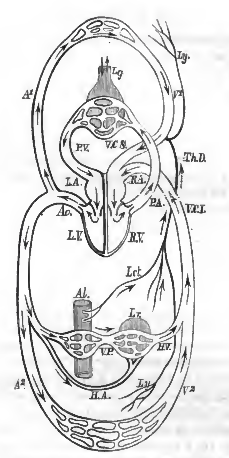


Fig. 10. — Diagramme du cœur et des vaisseaux, représentant le cours de la circulation vu par la face postérieure du corps, de façon que la gauche du spectateur répond, dans la figure, au côté gauche du cœur.

LA, oreillette gauche ; LV, ventricule gauche; *Ao*, aorte; A^1, artères de la partie supérieure du corps; A^2, artères de la partie inférieure du corps; HA, artère hépatique, qui fournit au foie une partie de son sang; V^1, veines de la partie supérieure du corps ; V^2, veines de la partie inférieure du corps; VP, veine porte; HV, veine hépatique; VCI, veine cave inférieure; VCS, veine cave supérieure; RA, oreillette droite; RV, ventricule droit; PA, artère pulmonaire; *Lg*, poumon; PV, veine pulmonaire; *Lct*, vaisseaux lactés; *Ly*, lymphatiques; *Th*.D, canal thoracique; *Al*, tube alimentaire; *Lv*, foie. Les flèches indiquent le cours du sang, de la lymphe ou du chyle. Les vaisseaux qui contiennent du sang artériel ont des contours noirs épais; ceux qui contiennent le sang veineux ont des contours clairs.

rendent à l'ensemble du corps naissent de la moitié gauche, ceux qui se rendent aux poumons, de la moitié droite.

Il suit de là, que la grande artère et les grandes veines du corps sont en rapport avec les côtés opposés du cœur, et qu'il en est de même des grandes veines et de la grande artère des poumons. D'autre part, les veines qui proviennent de l'ensemble du corps s'ouvrent dans le cœur du même côté que les artères qui viennent des poumons, et les veines des poumons s'ouvrent dans le cœur du même côté que les artères de l'ensemble du corps.

Les artères qui viennent s'ouvrir dans les capillaires de la substance du cœur sont appelées artères *coronaires* et naissent de l'aorte comme les autres artères, mais tout à fait près de sa naissance, un peu au delà des valvules semi-lunaires. La veine coronaire, qui est formée par la réunion des petites veines qui naissent des capillaires du cœur, ne s'ouvre pas dans l'une des veines caves, mais verse directement le sang qu'elle contient dans la partie du cœur où ces veines viennent s'ouvrir, c'est-à-dire dans la moitié supérieure droite (fig. 14).

Les viscères de l'abdomen dont il a été question plus haut (§ 7) et dont les veines n'ont pas le cours ordinaire, sont l'estomac, les intestins, la rate et le pancréas. Leurs veines se confondent en un seul tronc que l'on appelle *veine porte* (fig. 10, V P), mais ce tronc ne s'ouvre pas dans la veine cave inférieure; arrivée au foie, la veine porte pénètre dans le tissu de cet organe et se subdivise en une multitude de capillaires qui se ramifient à travers le foie et se mettent en communication avec ceux qui proviennent de l'artère du foie (fig. 10, H A). De ce réseau commun de capillaires veineux naît et se forme en un seul tronc la veine *hépatique* (fig. 10, H V) qui sort du foie et vient s'ouvrir dans la *veine cave inférieure*. Cette veine

porte est la seule grosse veine de l'organisme qui se ramifie et se continue avec les capillaires d'un organe à la manière d'une artère.

8. Le cœur, auquel tous les vaisseaux du corps ont été maintenant directement ou indirectement rapportés, est un organe dont le volume est à l'ordinaire estimé grossièrement comme égal au poing fermé du sujet; il a une

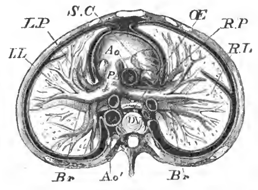


Fig. 11. — Section transversale de la poitrine, avec le cœur et les poumons en place.

DV, vertèbres dorsales ou articulations de l'épine du dos; *Ao*, *Ao'*, aorte, le sommet de sa crosse a été coupé par la section; CS, veine cave supérieure; PA, artère pulmonaire divisée en branches pour chaque poumon; LP, RP, veines pulmonaires gauches et droites; Br, bronches; RL, LL, poumons droit et gauche; Œ, œsophage.

extrémité large, tournée en haut et en arrière, un peu inclinée vers la droite et appelée base; une autre extrémité en pointe, que l'on appelle sommet, est tournée en bas et en avant vers la gauche, de façon à correspondre à l'intervalle situé entre la cinquième et la sixième côte (fig. 12).

Le cœur est placé entre les poumons, plus rapproché de la face antérieure que de la face postérieure du corps,

et il est enveloppé d'une sorte de double sac, le *péricarde*. La moitié de ce sac double est étroitement adhérente au cœur lui-même et forme une mince enveloppe sur sa surface extérieure. A la base du cœur, cette moitié du sac passe sur les gros vaisseaux qui sortent du cœur ou qui

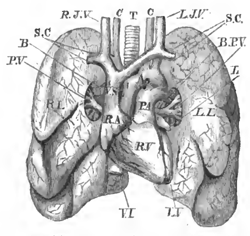


Fig. 12. — Vue antérieure du cœur, des gros vaisseaux et des poumons.

RV, ventricule droit; LV, ventricule gauche; RA, oreillette droite; LA, oreillette gauche; Ao, aorte; PA, artère pulmonaire; PV, veine pulmonaire; RL, poumon droit; LL, poumon gauche; VS, veine cave supérieure; SC, vaisseaux sous-claviculaires; C, carotide; R et LJV, veines jugulaires droite et gauche; VI, veine cave inférieure; T, trachée; B, bronches.

Tous les gros vaisseaux sont coupés, à l'exception de ceux du poumon.

s'y rendent; elle se continue ensuite avec la seconde moitié qui enveloppe lâchement le cœur et la portion adhérente du sac. Entre les deux couches du péricarde, il existe par conséquent une cavité étroite complétement close, tapissée d'un épithélium et sécrétant à l'intérieur une petite quantité de liquide clair *séreux*, d'où le nom de membrane séreuse. La face externe du péricarde est fortement

attachée en bas à la face supérieure du diaphragme. Mais on ne peut pas supposer que le cœur soit entièrement supporté par le diaphragme, car les gros vaisseaux qui naissent du cœur ou qui s'y rendent et passent pour la plupart, au-dessus de sa base, et aident à le maintenir suspendu et en place.

Ainsi le cœur est revêtu à l'extérieur par une couche du péricarde; à l'intérieur il contient deux grandes cavités ou des moitiés complétement séparées par une cloison fixe qui s'étend de la base au sommet et qui n'ont, par conséquent, aucune communication directe entre elles. Chacune de ces deux grandes cavités est ensuite subdivisée, non longitudinalement mais transversalement, par une cloison mobile. Les cavités qui se trouvent au-dessus de la cloison transversale s'appellent les *oreillettes*, les cavités qui sont au-dessous, les *ventricules*. On y ajoute, selon le cas, la qualification de *droit* ou *gauche*.

Chacune de ces quatre cavités a la même capacité et contient de 65 à 95 centimètres cubes d'eau. Les parois des oreillettes sont beaucoup plus minces que celles des ventricules. La paroi du ventricule gauche est beaucoup plus épaisse que celle du ventricule droit, mais on n'observe pas ces différences entre les deux oreillettes.

9. En effet, les ventricules, ainsi que nous l'avons vu, ont beaucoup plus à faire que les oreillettes, et le ventricule gauche plus que le droit. Les ventricules ont donc plus de substance musculaire que les oreillettes, et le ventricule gauche en a plus que le droit, et c'est cet excédant de substance musculaire qui cause l'excédant d'épaisseur observé au ventricule gauche.

Les fibres musculaires du cœur ne sont pas composées de bandes lisses à noyau, comme celles des vaisseaux; ce sont des faisceaux de fibres striées transversalement, qui

ressemblent à celles des principaux muscles du corps, avec cette différence toutefois qu'elles n'ont pas d'enveloppe ou *sarcolemme*, telle que nous en trouvons chez ces derniers voy. leçon XII).

Presque toute la masse du cœur est constituée par les

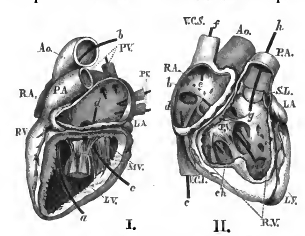


Fig. 13. — Cœur disséqué. I, coté gauche; II, coté droit.

I. LA, oreillette gauche; PV, les quatre veines pulmonaires; *cd*, stylet qu passe à travers l'orifice auriculo-ventriculaire; MV, valvules mitrales *ab*, stylet passé à travers le ventricule gauche dans l'aorte; RA, RV, parties du côté droit du cœur; PA, artére pulmonaire.

II. RA, oreillette droite; VCS, veine cave supérieure; VCI, veine cave inférieure; les stylets *f*, *e*, *c*, *d*, passés à travers ces veines dans l'oreillette; *ab*, stylet passé à travers l'orifice auriculo-ventriculaire; TV, valvule tricuspide; RV, ventricule droit; SL, valvules semi-lunaires à la base de PA, l'artére pulmonaire à travers laquelle est passé le stylet *gh*; LA, LV, oreillette et ventricule du côté gauche du cœur.

fibres musculaires, qui ont un arrangement très-remarquable et très-complexe. On constate cependant l'existence d'une membrane interne revêtue d'une couche épithéliale, l'*endocarde;* en outre, à la réunion des oreillettes et des ventricules, les orifices de communication entre leurs cavi-

tès, orifices *auriculo-ventriculaires* sont renforcés par des *anneaux fibreux*. A ces anneaux sont attachées les cloisons mobiles ou valvules, situées entre les oreillettes et les ventricules. Considérons maintenant la disposition de ces valvules.

10. Ces cloisons mobiles sont au nombre de cinq : il y en a trois qui sont attachées à la circonférence de l'orifice auriculo-ventriculaire droit, et deux à l'orifice gauche. Chacune d'elles est un repli triangulaire de l'endocarde, large, mince, mais souple et fort ; il est attaché par sa base, qui rejoint la valvule voisine, à l'anneau fibreux auriculo-ventriculaire et pend, sa pointe dirigée inférieurement, dans la cavité ventriculaire. Du côté droit, on compte trois de ces larges replis, terminés en pointe; et cet appareil est, dans son ensemble, appelé la *valvule tricuspide*. Du côté gauche, il n'y en a que deux, qui forment ce que l'on a nommé *valvules mitrales*, à cause d'une certaine analogie de forme qu'elles offrent avec la mitre épiscopale, quand on les a séparées de toutes leurs attaches, excepté de l'anneau fibreux auriculo-ventriculaire.

Les bords et les pointes de ces valvules ne sont pas complétement libres et flottants : un grand nombre de tendons minces, mais forts, appelés *cordes tendineuses*, les mettent en rapport avec certaines saillies charnues du cœur qui naissent de la paroi du ventricule, et qui ressemblent à des colonnes. On les appelle, en effet, les colonnes charnues du cœur.

La conséquence de cette organisation est que les valvules n'opposent aucun obstacle au passage d'un liquide des oreillettes dans les ventricules; mais si l'on voulait en introduire de force dans le sens contraire, ce liquide passerait entre les parois du ventricule du cœur et les valvules, qui par suite seraient poussées en arrière et en haut. Ces

valvules, ainsi pressées, se rencontreront au centre de l'orifice par leurs bords libres, s'opposeront mutuellement à leur retrait; d'ailleurs les cordes tendineuses, insérées sur leurs bords empêchent les valvules d'aller trop loin, il en résultera la formation d'une cloison parfaite entre les oreillettes et les ventricules, en sorte que tout cours de liquide sera interrompu.

Au point où l'aorte s'ouvre dans le ventricule gauche et où l'artère pulmonaire s'ouvre dans le ventricule droit, il existe un autre appareil valvulaire qui se compose, dans chaque cas, de trois valvules semblables à des poches, et qui s'appellent valvules *sigmoïdes* ou *semi-lunaires*. Ces valvules ressemblent à celles des veines; mais comme elles sont situées au même niveau et se rencontrent au milieu par leurs bords libres, elles interceptent complétement tout passage de liquide que l'on voudrait pousser avec force des artères vers le cœur. Au contraire, ces valvules reviennent sur elles-mêmes et permettent à un liquide quelconque de passer du cœur dans les artères avec la plus grande facilité.

L'action des valvules auriculo-ventriculaires peut être démontrée aisément sur un cœur de mouton dont l'aorte et l'artère pulmonaire auraient été liées et la plus grande partie des oreillettes coupées, en lançant de l'eau dans les ventricules à travers l'orifice auriculo-ventriculaire. Les valvules tricuspide et mitrale se ferment d'ordinaire hermétiquement par la pression de l'eau, qui agit sur elles en arrière. Ou, si l'on remplit les ventricules d'eau, et qu'on les presse doucement, leurs valvules se rapprocheront rapidement. De la même façon, si la base de l'aorte ou l'artère pulmonaire est séparée du cœur de façon à ne pas blesser les valvules semi-lunaires, l'eau projetée dans la partie supérieure de ces vaisseaux déterminera la ferme-

ture hermétique des valvules et s'opposera après le premier moment à toute sortie de liquide.

Ainsi l'organisation des valvules auriculo-ventriculaires est telle que tout liquide contenu dans les cavités du cœur ne peut passer à travers les orifices auriculo-ventriculaires que dans une seule direction, à savoir des oreillettes vers

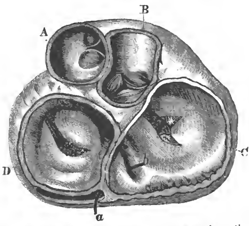


Fig. 14. — Les valvules du cœur mises en évidence par la section des deux oreillettes et des autres parties, sauf la base de l'artère pulmonaire (A) et l'aorte (B). C, valvule tricuspide; D, valvule mitrale; *ab*, stylet passé dans la veine coronaire. On voit nettement les valvules semi-lunaires à l'origine de l'aorte; celles de l'aorte pulmonaire sont moins nettement découvertes.

les ventricules. D'un autre côté, l'organisation des valvules semi-lunaires est telle que le liquide contenu dans les ventricules passe aisément dans l'aorte et dans l'artère pulmonaire, tandis que rien ne peut prendre la direction contraire, c'est-à-dire des troncs artériels aux ventricules.

11. La substance du cœur est contractile, de même que tous les autres tissus musculaires; mais, à l'opposé de bien des muscles, le cœur possède en soi un quelque chose qui

fait que ses différentes parties se contractent en succession définie, à des intervalles réguliers.

Si le cœur d'un animal vivant est enlevé, il continuera à battre pendant un espace de temps plus ou moins long, à peu près de la même façon qu'il battait dans le corps. Une observation attentive de ces battements montrera qu'ils consistent : 1° en une contraction simultanée des parois des deux oreillettes; 2° cette contraction est immédiatement suivie d'une contraction simultanée des parois des deux ventricules; 3° vient ensuite une pause ou état de repos; après cette pause, les oreillettes et les ventricules se contractent de nouveau dans le même ordre, et leurs contractions sont suivies du même repos.

Si la contraction auriculaire est représentée par A, la contraction ventriculaire par V, et le repos par —, la série des contractions pourra se figurer comme suit : A, V, —; A, V, —; etc. De sorte que la contraction du cœur suit un rhythme, composé de deux courtes contractions de ses parties supérieures et inférieures suivies du repos de l'ensemble; le repos dure à peu près autant que les deux contractions réunies.

L'état de contraction du ventricule ou de l'oreillette s'appelle la *systole*, l'état de relâchement pendant lequel le cœur se dilate prend le nom de *diastole*.

12. Maintenant que nous avons une idée de l'organisation des différents conduits et des réservoirs du système circulatoire, de la situation des valvules et des contractions rhythmiques du cœur, nous comprendrons facilement ce qui doit se passer quand l'ensemble de l'appareil étant plein de sang le premier battement survient et les oreillettes se contractent.

Par ce mouvement, chaque oreillette tend à pousser le liquide qu'elle contient selon deux directions, l'une vers

les grosses veines, l'autre vers les ventricules, et la direction que le sang prendra dépendra de la résistance relative qui lui sera opposée dans les deux directions. Du côté des grosses veines, la résistance sera produite par la masse du sang contenu dans les veines. Au contraire, du côté des ventricules, il n'y aura aucune résistance digne d'attention, d'autant plus que les valvules étant ouvertes, les parois des ventricules dans l'état de relâchement sont flasques, et l'entière pression du sang artériel est détruite par les valvules semi-lunaires qui sont nécessairement closes.

C'est pourquoi, quand les oreillettes se contractent, il ne reviendra vers les veines qu'une très-petite portion de liquide qu'elles ont chassé, la plus grande partie passera dans les ventricules qu'elle distendra. Mais, comme les ventricules sont pleins et commencent à s'opposer à toute distension plus forte, le sang agissant derrière les valvules auriculo-ventriculaires les poussera l'une vers l'autre et fermera presque l'orifice. Pendant ce temps, les oreillettes cessent d'être contractées, et, aussitôt que leurs parois se relâchent, il survient des grosses veines un nouvel afflux de sang qui lentement les distend de nouveau.

Mais, au moment même où cesse la systole auriculaire, la systole ventriculaire commence. Les parois de chacun des ventricules se contractent énergiquement, et le premier résultat de chaque contraction est de fermer hermétiquement les valvules auriculo-ventriculaires et d'empêcher toute issue du sang vers les ventricules. La pression exercée de la sorte sur les valvules devient très-considérable, et elles pourraient même être retournées si les cordes tendineuses n'étaient point là pour maintenir horizontales les bords de la valvule.

La contraction continuant et la capacité des ventricules

diminuant, les points des parois du cœur auxquels s'insèrent les cordes tendineuses rapprochent les bords des valvules, et de la sorte il y a tendance à un certain degré de relâchement de ces cordes, relâchement qui, s'il se réalise, pourrait laisser les bords valvulaires revenir sur eux-mêmes et de la sorte annihiler leur utilité. Cette tendance toutefois est contre-balancée, parce que les cordes tendineuses sont en rapport, non avec les parois du cœur, mais avec les piliers musculaires, dites *colonnes charnues*, qui font saillie à sa surface. Ces piliers musculaires se raccourcissent en même temps que la substance du cœur se contracte, et de la sorte, dans la mesure même où la contraction des parois ventriculaires rapproche les colonnes charnues des valvules, ils tendent, par leur propre contraction les cordes tendineuses aussi fortement qu'elles l'étaient auparavant.

Grâce aux actes que nous venons de décrire, le liquide des ventricules ne peut passer dans l'oreillette; toute la force de contraction des parois ventriculaires est en conséquence dépensée à surmonter la résistance offerte par les valvules semi-lunaires. Cette résistance a plusieurs sources; elle résulte en partie du poids de la colonne verticale du sang que supportent les valvules; en partie de la réaction des parois élastiques distendues des grosses artères, et en partie du frottement et de l'inertie du sang contenu dans les vaisseaux.

On voit donc clairement pourquoi les ventricules ont beaucoup plus à faire que les oreillettes, et pourquoi des valvules sont nécessaires entre les oreillettes et les ventricules, tandis qu'il n'en est pas besoin entre les oreillettes et les veines.

Tout ce que les oreillettes ont à faire est de remplir les ventricules qui n'offrent aucune résistance à cette action.

De là le peu d'épaisseur des parois des oreillettes, et de là aussi l'inutilité d'aucune valvule auriculo-veineuse, la résistance du côté ventriculaire étant si faible qu'elle cède tout d'un coup sous la pression du sang dans les veines.

D'un autre côté, les ventricules ont à surmonter une forte résistance pour chasser un liquide dans des tubes élastiques qui sont déjà pleins, et, s'il n'y avait pas là des valvules auriculo-ventriculaires, le liquide des ventricules trouverait moins de résistance à revenir dans l'oreillette et de là dans les veines qu'à vaincre les valvules semi-lunaires. De là la nécessité : 1° des valvules auriculo-ventriculaires, et 2° de l'épaisseur et de la force des parois des ventricules. Et puisque l'aorte, les grosses artères, les capillaires et les veines forment un système de conduits contenant plus de liquide et offrant plus de résistance que les artères pulmonaires, les capillaires et les veines, il s'ensuit que le ventricule gauche a besoin d'une paroi musculaire plus épaisse que le droit.

13. Ainsi, à chaque systole des oreillettes, les ventricules se remplissent et les oreillettes se vident, mais ces dernières se remplissent de nouveau lentement par la pression du liquide dans les grosses veines, pression qui suffit amplement pour surmonter la résistance passive de leurs parois relâchées; et, à chaque systole des ventricules, le système artériel du corps et des poumons reçoit le contenu de ces ventricules qui, à peine vidés, sont prêts à être de nouveau remplis par les oreillettes.

Examinons maintenant ce qui se passe dans les artères. Quand le contenu des ventricules est soudain lancé dans des tubes qui, on se le rappelle, sont déjà pleins, une secousse est imprimée à la masse entière du liquide qu'ils contiennent. Cette secousse se propage presque instantanément dans toute la masse du liquide; mais elle s'affaiblit

en raison de l'augmentation de la masse du sang qu'elle rencontre dans les capillaires, jusqu'à ce que, finalement, elle cesse d'être perceptible.

Si les vaisseaux étaient des tubes rigides, comme les conduits de gaz, le liquide que les artères contiennent serait envoyé aussi loin que la force de l'impulsion primitive l'eût permis, à l'instant même de l'impulsion, à travers tout le système. Et comme les artères s'ouvrent dans les capillaires, les capillaires dans les veines et les veines dans le cœur, une quantité de liquide exactement égale à celle qui eût été chassée des ventricules serait revenue aux oreillettes presque au moment même où les ventricules se seraient contractés.

Mais les vaisseaux ne sont pas rigides; ce sont, au contraire, des tubes flexibles et, ainsi que nous l'avons vu (§ 3), les grosses artères ont des parois élastiques spéciales; voici alors, ce qui se passe, quand vient la systole ventriculaire : 1° production de cette secousse légère et soudaine dont nous avons déjà parlé, et, 2° dilatation des grosses artères par suite de la pression de l'excès du sang qui est poussé dans les vaisseaux.

Mais quand la systole est terminée, la force qui est en réserve dans les parois des artères dilatées sous la forme d'une tension élastique, cette force entre en jeu et déploie une pression sur le liquide, pression dont le premier effet est de clore les valvules semi-lunaires, et le second de chasser le sang des grosses artères dans les petites. Celles-ci se dilatent de la même façon. Le liquide passant ensuite dans les capillaires, l'injection d'une quantité égale de liquide de ces capillaires dans les veines et des veines dans le cœur, tel est le résultat ultime de la systole ventriculaire.

14. Plusieurs des résultats pratiques du travail du cœur et des artères deviennent maintenant intelligibles. Par

exemple, entre la cinquième et la sixième côte, du côté gauche, on observe un mouvement perceptible au doigt et à l'œil et que l'on connaît sous le nom de *battement* du cœur. Il est produit par le choc de la pointe du cœur contre le péricarde et à travers le péricarde contre la paroi interne de la poitrine sur ce point, au moment de la systole des ventricules. En effet, quand la systole a lieu, deux choses arrivent : en premier lieu, comme résultat de la manière dont les fibres musculaires du cœur sont disposées, sa pointe s'infléchit fortement vers le haut ; et, en second lieu, sa face antérieure est projetée légèrement en bas et en avant, en conséquence de l'extension et de l'allongement de l'aorte par le sang qui lui arrive.

La conséquence de l'une ou de l'autre, ou de ces deux actions combinées, est le choc, en haut et en avant, de la pointe du cœur, choc que nous pouvons ressentir.

15. Secondement, si l'on applique l'oreille sur la région du cœur, on entend certains bruits qui reviennent avec une grande régularité à des intervalles correspondant à ceux qui existent entre deux battements. On observe d'abord un bruit sourd, assez long ; vient ensuite un bruit court et sec, puis un silence ; le bruit prolongé, le bruit sec et le silence se reproduisent, et ainsi de suite. On a émis plusieurs opinions sur la cause du premier bruit, et les physiologistes ne sont peut-être pas encore complétement édifiés sur la question ; mais le second bruit est causé sans nul doute par la fermeture subite des valvules semilunaires au moment où se termine la systole ventriculaire ; cela a été établi expérimentalement en maintenant accrochées le long des parois du cœur les valvules semi-lunaires d'un animal vivant : à ce moment même le second bruit cesse de se faire entendre.

16. Troisièmement, si l'on place le doigt sur une artère

comme il s'en trouve une au poignet, on sentira ce que l'on appelle le *pouls;* c'est-à-dire que l'artère élastique se dilate un peu, à des intervalles réguliers qui correspondent aux battements du cœur. Toutefois, cette correspondance n'est pas très-rigoureuse; le battement de l'artère se produit un peu après celui du cœur; et plus l'intervalle est long, plus est grande la distance entre le cœur et l'artère. Le battement de l'artère du côté de la cheville interne, par exemple, est un peu en retard sur celui de la tempe.

La raison en est en ceci : que le sens du toucher par le doigt est assez délicat pour percevoir la dilatation de l'artère par le flot du sang qui la parcourt, grâce à la réaction élastique de l'aorte, mais n'est point assez délicat pour sentir le premier choc causé par la systole. Mais si, au lieu des doigts, des leviers très-sensibles sont appliquées sur deux artères quelconques, on reconnaîtra que le pouls commence en même temps dans ces deux artères, et que le choc de la systole se fait sentir simultanément dans tous le système vasculaire; c'est seulement le liquide lancé dans les deux artères par la réaction élastique des gros vaisseaux qui met plus de temps à atteindre et à dilater les branches plus distantes.

17. Quatrièmement, si l'on coupe une artère, le jet du liquide qu'elle contient est augmenté par saccades régulières dont les intervalles répondent aux intervalles des battements du cœur. La cause de ce phénomène est tout à fait la même que celle du pouls; la force qui serait employée à distendre les parois de l'artère, si elle n'était pas coupée, s'emploie en jets de liquide quand l'artère est coupée.

18. Cinquièmement, dans les circonstances ordinaires, on ne peut sentir le pouls dans les capillaires ni dans les

veines; cela tient à plusieurs causes. L'une de ces causes est que la capacité des branches d'une artère est plus grande que la capacité de son tronc, et que la capacité des capillaires dans leur ensemble est plus grande que celle de toutes les petites artères réunies. Or, si nous supposons la capacité du tronc égale à 10, celle de ses branches à 50, et celle des capillaires avec lesquels ces branches s'abouchent à 100, il est évident que la quantité de liquide projetée dans le tronc, suffisante pour dilater une artère réduite au 10ᵉ de ce tronc, et de produire ainsi un effet perceptible et même évident, ne pourra distendre chaque petite branche de plus de 1/50ᵉ et chaque capillaire plus de 1/100ᵉ de son volume, effet qui peut être tout à fait imperceptible.

19. De plus, le courant du liquide est retardé par la subdivision des tubes qui le contiennent; et la multitude des petites impulsions dans lesquelles se subdivise le choc primitif de la systole au sein des petits vaisseaux fait que ces impulsions se perdent au milieu de tous ces obstacles et se fondent en une pression générale et uniforme. Cette perte des effets isolées de l'action du cœur peut être comparée au résultat que l'on obtient en pompant de l'eau dans une auge. Quand l'eau coule dans l'auge, les éclaboussures et les vagues que détermine la chute intermittente de l'eau de la pompe sont très-évidents; mais l'eau s'écoulera tranquillement, uniformément, d'une ouverture pratiquée à l'autre extrémité de l'auge.

20. Enfin, en conséquence de la résistance apportée à la circulation, résistance due au volume extrêmement petit et à la subdivision des capillaires, le liquide s'accumule dans les artères jusqu'à un certain point et tient leurs parois dans un état constant de distension, état qui est maintenu par chaque battement successif du cœur. En

d'autres termes, un battement suit un autre battement avant que les effets du premier aient cessé.

Comme l'effet de chaque systole diminue dans les petits vaisseaux, en vertu des causes ci-dessus mentionnées, l'effet de cette pression permanente en est plus évident et donne lieu à un cours régulier du liquide des artères vers les veines; de cette façon, en effet, les artères accomplissent les mêmes fonctions que le réservoir d'air d'une pompe à incendie, lequel convertit l'impulsion saccadée imprimée à l'eau par le corps de la pompe en un jet continu du tuyau distributeur.

Tel est le résultat général des conditions mécaniques des organes de la circulation combinées avec l'activité rhythmique du cœur. Cette activité, en définitive, chasse le liquide contenu dans l'ensemble de l'appareil, du cœur dans les artères, de là dans les capillaires, et des capillaires au cœur par l'intermédiaire des veines; dans le cours de cette série d'opérations se produisent incidemment le battement du cœur, ses bruits et le pouls.

21. Il est maintenant nécessaire de déterminer exactement le cours de la circulation dans son ensemble; à cet effet, nous pouvons prendre une quantité quelconque du sang contenu à un moment donné dans l'oreillette droite; la contraction de cette oreillette chasse le sang dans le ventricule droit, ce ventricule se contracte et pousse le sang dans l'artère pulmonaire; de là il passe dans les capillaires du poumon, puis il retourne à l'oreillette gauche par les quatre veines pulmonaires, et la contraction de l'oreillette gauche le chasse dans le ventricule gauche.

La contraction du ventricule gauche pousse le sang dans l'aorte. Les branches de l'aorte le conduisent dans toutes les parties du corps, excepté dans les poumons, et des capillaires de toutes les parties (excepté de ceux de

l'intestin et de certains autres viscères de l'abdomen, v. § 7), il est conduit par des vaisseaux qui se réunissent graduellement pour former des troncs de plus en plus larges, ou dans la veine cave supérieure ou dans la veine cave inférieure, qui le transporte une fois de plus dans l'oreillette droite.

Mais le sang qui provient des capillaires de l'estomac et de l'intestin, de la rate et du pancréas, est rassemblé dans des veines qui s'unissent en un seul tronc, la *veine porte*. La veine porte distribue au foie ce sang mélangé avec celui des capillaires du même organe, sang fourni par l'artère hépatique. De ces capillaires il est porté par des petites veines qui s'unissent en un gros tronc, — la veine hépatique, — dans la veine cave inférieure. Le courant sanguin des viscères de l'abdomen qui passe à travers le foie, la veine hépatique, s'appelle la *circulation porte*.

Quant au cœur proprement dit, le sang lui est fourni par les deux artères coronaires qui naissent de l'origine de l'aorte précisément au-dessus des deux valvules semi-lunaires. Le sang des capillaires du cœur est ramené par les veines coronaires, non à l'une des deux veines caves, mais à l'oreillette droite, directement. L'orifice des veines coronaires est protégé par une valvule qui s'oppose à ce que l'oreillette droite renvoie le sang veineux qu'elle contient dans les vaisseaux du cœur.

22. En sorte que le chemin le plus court que puisse prendre une particule de sang pour passer d'un côté du cœur à l'autre, est de quitter l'aorte par l'une des artères coronaires et de revenir à l'oreillette droite par les veines coronaires; et, au contraire pour traverser le plus grand nombre de capillaires et revenir à son point de départ, une particule de sang doit quitter le cœur par l'aorte et

traverser les artères qui approvisionnent le conduit alimentaire, la rate et le pancréas. Il pénètre ensuite: 1° dans les capillaires de ces organes; 2° dans les capillaires du foie, et 3°, après avoir traversé les cavités droites du cœur, dans les capillaires des poumons d'où cette particule peut revenir au côté gauche et éventuellement à l'aorte.

En outre, d'après ce qui a été dit au sujet de système lymphatique, on voit que chaque portion de matière qui entre dans un des vaisseaux lactés (II, § 5 et 6) de l'intestin arrrivera à l'oreillette droite par la veine cave supérieure, après avoir traversé les capillaires lymphatiques et les canaux des diverses glandes lymphatiques; au contraire, une portion quelconque de matière qui pénétrera dans les vaisseaux capillaires adjacents aux parois de l'intestin, arrivera à l'oreillette droite par la veine cave inférieure après avoir traversé les vaisseaux capillaires du foie.

23. Nous avons vu plus haut (§ 2) que les petites artères et les petites veines peuvent être influencées directement par le système nerveux qui contrôle l'état de contraction de leurs parois musculaires et règle ainsi leur calibre. L'effet de cette action du système nerveux est de donner en quelques points particuliers un certain contrôle sur la circulation et de produire un état de choses tel, que la force du cœur et les conditions générales des vaisseaux étant les mêmes, l'état de la circulation peut être inégal sur différents points.

L'action de *rougir* est une modification purement locale produite par une circulation de ce genre, et il sera instructif de considérer comment ce phénomène se produit. Une émotion, — agréable ou pénible, — s'empare de l'esprit; on ressent une bouffée de chaleur, la peau rougit, et, selon l'intensité de l'émotion, ces changements se pro-

duisent aux joues seulement ou se propagent jusqu'à « la racine des cheveux » ou sur tout le corps.

Quelle est la cause de ce changement? Le sang est un liquide rouge et chaud; la peau rougit et s'échauffe, parce que ses vaisseaux renferment une plus grande quantité de ce liquide rouge et chaud; et cette quantité est plus grande, parce que les petites artères se dilatent soudain, la contraction naturellement modérée de leurs muscles faisant place à un certain degré de relâchement. En d'autres termes, l'action des nerfs qui déterminent cette contraction musculaire est suspendue.

D'autre part, chez beaucoup de personnes, une terreur vive produit un refroidissement de la surface du corps, tandis que la face pâlit et se contracte. En effet, sous cette influence, l'apport de sang à la peau est très-diminué en raison d'une stimulation vive des nerfs des petites artères sous l'influence de laquelle elles se resserrent et interceptent plus ou moins la circulation.

24. On peut prouver, à l'aide d'expériences sur les lapins, que les choses se passent réellement ainsi. Il est vrai de dire cependant que, spontanément, les lapins ne rougissent point, mais on peut les faire rougir artificiellement. Si l'on coupe chez le lapin le nerf du grand sympathique qui envoie des branches aux vaisseaux de la tête, c'est l'oreille de ce lapin, recouverte d'une peau extrêmement fine, qui laisse voir tous les changements des vaisseaux. Cette oreille, dis-je, rougira : en d'autres termes, les vaisseaux remplis de sang se dilateront et l'oreille deviendra rouge et chaude. La raison en est que, quand le nerf grand sympathique est coupé, la stimulation nerveuse que transmettent ses branches est interrompue, et les muscles des petits vaisseaux qui étaient légèrement contractés se relâchent complètement.

Et maintenant, on comprend qu'il est aisé de produire sur l'oreille d'un lapin ou la pâleur ou le froid. A cet effet, il suffit d'irriter celui des bouts coupés du sympathique qui reste en communication avec les vaisseaux. Les nerfs sont irrités de façon que les fibres musculaires des vaisseaux se contractent énergiquement, ce qui diminue leur calibre, au point que ce sang peut à peine se frayer un passage, et qu'en conséquence l'oreille pâlit et se refroidit.

25. L'importance pratique de ce contrôle local exercé par le système nerveux est immense. Quand l'exposition au froid cause chez l'homme un catarrhe, une inflammation des poumons ou la diarrhée, ou quelque affection encore plus sérieuse des viscères abdominaux, la maladie se manifeste par l'intermédiaire du système nerveux. L'impression faite sur la peau par le froid est transmise aux centres nerveux et influence de la sorte les *nerfs vaso-moteurs* (tel est le nom des nerfs qui règlent les mouvements des parois vasculaires), de façon à causer des paralysies partielles et à produire un état de congestion (ou distension excessive des vaisseaux) qui aboutit fréquemment à l'inflammation.

26. Le cœur est-il, de la même façon, sous le contrôle du système nerveux central?

Ainsi que chacun le sait, il n'est point sous l'influence directe de la volonté, mais chacun sait aussi que les mouvements du cœur sont singulièrement affectés par toutes les formes d'émotion.

Des hommes et des femmes s'évanouissent souvent, et il en est parfois qui sont foudroyés par une joie ou une douleur violente et soudaine; or, quand ces morts arrivent, elles sont dues à ce que la perturbation du cerveau produit un quelque chose qui arrête le cœur aussi absolument que l'on arrête la roue dentée d'une montre avec

un ressort. D'autres émotions produisent, au contraire, cette rapidité et cette force de battements connues sous le nom de palpitations.

Disons maintenant que le cœur possède trois sortes de nerfs : les uns sont fournis par les *ganglions* ou masses de cellules nerveuses logées dans la substance même du cœur; les autres viennent du grand *sympathique;* la troisième se compose des branches d'un nerf remarquable qui vient en ligne directe du cerveau, et que l'on appelle le nerf *pneumogastrique*. Il y a toute raison de croire que la succession régulière rhythmée des contractions ordinaires du cœur dépend des ganglions incrustés dans sa substance. En tout cas, il est certain que ces mouvements ne dépendent ni du sympathique, ni du pneumogastrique, car ils se produisent tout aussi bien quand le cœur est détaché du corps.

En outre, il y a beaucoup de motifs pour admettre que l'influence qui augmente la rapidité des mouvements du cœur est exercée par l'intermédiaire du sympathique.

Enfin, il est tout à fait certain que l'influence qui arrête l'action du cœur provient du pneumogastrique. Ce dernier point peut être aisément démontré chez des animaux, telle que la grenouille, par exemple.

27. Si l'on ôte la moelle épinière à une grenouille, ou que son cerveau soit détruit de façon à supprimer toute sensibilité, l'animal continuera à vivre et sa circulation s'accomplira parfaitement bien pendant une période indéfinie. On pourra lui ouvrir le corps sans causer ni trouble ni douleur, et l'on observera le cœur battant avec une parfaite régularité. On peut ainsi mettre en mouvement, à l'aide du cœur, une longue tige qui ira à droite et à gauche, de la même façon que le pendule renversé que les musiciens désignent sous le nom de métronome; et, si

la grenouille et la tige étaient recouvertes d'une cloche en verre, et que l'air de la cloche fût maintenu à un certain

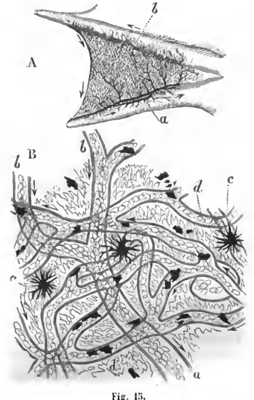


Fig. 15.

A, deux doigts de la patte d'une grenouille avec le tissu intermédiaire, légèrement grossi ; *a*, veines ; *b*, artères réunies par un réseau de capillaires.

B, petite portion du réseau à un grossissement d'environ 100 diamètres ; *ab* sont de petites veines, et *d* capillaires, tous remplis de gros globules de sang ovales qui se meuvent dans la direction indiquée par les flèches ; *c*, cellules en forme d'étoiles, ou morceaux colorés de cellules pigmentaires de la peau de la grenouille.

état d'humidité, la tige se balancerait avec beaucoup d'uniformité pendant deux jours.

Il est aisé d'ajuster à la grenouille ainsi préparée un mécanisme à l'aide duquel des secousses électriques pourraient être transmises aux nerfs pneumogastriques de façon à les irriter; au moment où cette expérience se fait, la tige s'arrête immobile, le cœur cesse de battre, ses parois sont relâchées et flasques. Après quelques moments, l'influence du pneumogastrique cesse de se faire sentir, le cœur reprend son travail aussi énergiquement, et la tige se meut, décrivant le même arc qu'auparavant. Avec des ménagements délicats, cette expérience peut être répétée plusieurs fois; et après le temps d'arrêt produit par l'irritation du pneumogastrique, le cœur reprend chaque fois ses mouvements.

28. Les preuves que le sang *circule* réellement chez l'homme sont presque toutes indirectes, quoique irréfragables. Mais chez quelques animaux inférieurs dont le corps tout entier ou quelques-unes de ses parties sont transparents, on obtient nettement des preuves directes de la circulation, le sang se précipitant visiblement des artères dans les capillaires et des capillaires dans les veines, aussi longtemps que l'animal est en vie et que son cœur fonctionne. L'animal chez lequel la circulation peut être le plus facilement étudiée est encore la grenouille. Le tissu qui est entre ses orteils est très-transparent, et les particules qui sont en suspension dans son sang sont si volumineuses, qu'elles peuvent facilement être observées lorsqu'elles glissent rapidement avec le courant du sang, si l'on a soin de fixer les doigts écartés, même si l'on n'examine la membrane qu'à un grossissement peu considérable (100 diamètres).

LEÇON III

LE SANG ET LA LYMPHE

1. Si l'on veut connaître à fond les caractères du sang, il faut l'examiner à l'aide d'un microscope grossissant d'au moins trois ou quatre cents diamètres. Muni de cet instrument, d'une loupe et de quelques lames de verre fin et de verre épais, le lecteur sera en mesure de suivre la leçon qui suit.

Le procédé le plus commode pour se procurer une petite quantité de sang destinée à l'étude est de serrer assez fortement l'extrémité d'un doigt, le médius ou l'annulaire gauche, à l'aide d'une petite bande ; cette extrémité se gonfle bientôt un peu et sa couleur se fonce en raison de l'obstacle apporté au retour du sang par cette ligature ; dans cet état, si l'on pique légèrement le doigt avec une aiguille bien acérée et bien propre (opération qui ne causera aucune douleur appréciable), une goutte assez volumineuse de sang sortira soudain. Déposez-la sur l'un de ces morceaux de verre épais et recouvrez-la légèrement d'une feuille de verre mince de façon à étendre cette goutte en une couche mince uniforme. Qu'un autre morceau

de verre reçoive une seconde goutte que l'on placera sous un verre de façon à éviter qu'elle se dessèche ; une troisième goutte enfin sera prise de la même façon, mais on y ajoutera quelques grains de sel de cuisine.

2. A l'œil nu la couche de sang qui est sur la première feuille de verre paraîtra colorée en rouge pâle ; elle semblera claire et homogène. Mais en regardant à la loupe, cette apparente homogènéité disparaîtra et le sang fera l'effet d'un mélange de molécules rouge jaunâtre, excessivement fines semblables au sable ou à la poussière, dans un liquide aqueux incolore. Immédiatement après la sortie du sang du corps, ces particules de matière apparaîtront très-également disséminées dans le liquide. Mais ils s'agrégent par degrés en petites masses et la couche de sang se recouvre plus ou moins de taches.

Ces particules de matière s'appellent les *corpuscules* ou globules (*hématies* de Gruithuisen et Ch. Robin) du sang. Le fluide incolore, dans lequel elles sont suspendues, c'est le *plasma*.

Examinons maintenant la seconde feuille. La goutte de sang pourra ne point s'être modifiée dans sa forme et peut-être même semblera n'avoir subi aucun changement. Mais si l'on incline la feuille de verre, on s'apercevra que le sang ne coule plus et que l'on peut sans qu'il bouge retourner le verre ; le sang s'est solidifié et l'on peut même l'enlever avec la pointe d'un couteau comme une masse gélatineuse hémisphérique. Cette masse est molle et humide de sorte que ce changement d'état, cette *coagulation* est tout à fait distincte du dessèchement.

Sur la troisième feuille, celle sur laquelle on a déposé du sel, cette coagulation ne s'est point effectuée. Le sang est resté aussi liquide que lorsqu'il a quitté le corps. Le sel a donc empêché la coagulation du sang.

Cette première investigation nous aura appris en résumé que le sang se compose d'un plasma presque incolore qui tient en suspension un certain nombre de globules colorés; qu'il a une aptitude remarquable à la coagulation et que cette coagulation peut être empêchée par des moyens artificiels, tels que l'addition de sel.

3. Si au lieu d'examiner la première goutte de sang à la loupe, nous la plaçons sous le microscope, les particules ou globules du sang nous apparaîtront comme des corps doués de caractères nettement définis; on en trouvera de deux espèces, les globules *rouges* et les globules *incolores*. Les premiers sont beaucoup plus nombreux que les derniers et offrent une teinte d'un jaune rouge; les derniers, un peu plus gros que les rouges, sont, ainsi que leur nom l'indique, pâles et dépourvus de coloration.

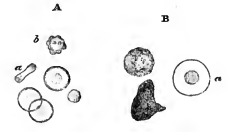


Fig. 16. — GLOBULES DE SANG HUMAIN.
Grossissement d'environ 600 diamètres.

A, globules rouges; *a*, globule vu de champ; *b*, le globule modifié par la pression. Un petit globule sphéroïdal comme on le rencontre fréquemment dans le sang est figuré à côté des gros globules discoïdes.
B, globules incolores; *a*, globule incolore qui a été soumis à l'action de l'acide acétique et qui montre son noyau.

4. Les globules se distinguent encore à d'autres points de vue plus importants. Les globules rouges sont des disques circulaires aplatis, d'un diamètre de 6 à 7 mil-

lièmes de millimètre et dont l'épaisseur est d'un peu plus du quart de ce chiffre. Il s'ensuit qu'un espace de 6 centimètres carrés en contiendrait environ 10 millions et que le volume de chaque globule ne s'élève pas à plus d'une fraction de centimètre cube représentée par $\frac{1}{7,000,000,000}$.

Les surfaces larges des disques ne sont pas précisément plates, mais quelque peu concave, comme s'ils se pénétraient les uns les autres; il s'ensuit donc que le centre est plus mince que les bords et quand on l'examine sous le microscope, à la lumière réfléchie, on les voit transparents au centre et sombres aux bords, ou transparents aux bords et sombres au centre, selon les circonstances. Quand, d'un autre côté, les disques sont retournés et vus par leurs bords, ils ressemblent à une poignée. On peut se rendre compte de toutes ces variétés apparentes en tournant en différents sens un biscuit rond ou un gâteau appelé *moffine*, corps très-semblables par la forme aux globules sanguins.

Les globules rouges sont mous, flexibles et élastiques, de sorte qu'ils se compriment facilement en passant à travers des ouvertures et des passages plus étroits que leurs propres diamètres et reprennent immédiatement leur volume propre. L'extérieur de chaque globule est plus dense que son intérieur qui contient une substance semi-liquide ou liquide, l'*hémoglobuline*. A l'aide de procédés particuliers, cette substance peut se décomposer en une substance albumineuse, la *globuline*, et en une substance colorante, l'*hématosine*. La substance intérieure n'offre aucune structure distincte.

D'après la densité de l'enveloppe comparée à la substance intérieure de chaque globule, on peut les comparer réellement à des petits sacs aplatis dont la forme se mo-

difie en raison de la densité du plasma. Ainsi si l'on augmente la densité du plasma, en y dissolvant des substances salines ou du sucre, l'eau quitte le globule pour le plasma dense, et le globule s'aplatit de plus en plus. D'autre part, si le plasma est additionné d'eau, cette eau pénètre dans le globule et en baigne le contenu en gonflant le globule jusqu'à le rendre sphérique. En ajoutant alternativement des solutions d'une densité forte ou faible, on peut rendre successivement les globules sphéroïdes et discoïdes. On peut gonfler les globules en les exposant à l'action de l'acide carbonique; l'oxygène au contraire semble les aplatir.

5. Les *globules incolores* (globules *blancs* ou *leucocytes*) sont plus gros que les globules rouges; leur diamètre moyen est de 6 à 10 millièmes de diamètre. On les distingue au premier coup d'œil des globules rouges par l'irrégularité de leurs contours et par leur tendance à s'attacher à la plaque de verre, tandis que les globules rouges flottent librement ou s'accumulent l'un sur l'autre.

Un caractère des globules blancs encore plus remarquable que l'irrégularité de leur forme est l'incessante variété de contours qu'ils montrent. La forme d'un globule rouge n'est modifiée que par les influences du dehors, telles que la pression ou ses analogues; la forme des globules blancs subit une altération permanente, résultat des changements qui surviennent dans sa propre substance. Pour observer ces changements, il faut se servir d'un microscope d'un pouvoir amplifiant de cinq ou six cents diamètres; alors même ils sont si gradués que la meilleure manière de s'assurer de leur réalité est de faire le dessin d'un globule donné à une ou deux minutes d'intervalle. C'est ce qui a été fait pour le globule représenté, figure 7, dans laquelle *a* représente la forme d'un globule au mo-

ment de son observation ; *b* se forme une minute après ; *c* deux minutes après ; *d* après trois minutes ; *e* après cinq minutes.



Fig. 17. — Formes successives prises par les globules incolores du sang humain.

Grossissement d'environ 600 diamètres.

L'intervalle de temps entre les formes *a*, *b*, *c*, *d* a été d'une minute, entre *d* et *e* deux minutes ; en sorte que toute la série des changements de *a* à *e* a été de cinq minutes.

L'observation attentive d'un globule blanc montre donc que chaque portion de sa surface change constamment sous l'influence d'une contraction active ou d'une dilatation passive due à la contraction d'autres parties. Ce phénomène nous montre la contractilité sous sa forme la plus inférieure et la plus primitive.

6. On ne peut se faire aucune idée correcte des globules incolores tant qu'ils sont ainsi vivants et actifs. Mais en diluant le sang avec de l'eau ou, mieux encore, avec de l'eau acidulée par l'acide acétique, on tue les globules qui se distendent et montrent de la sorte leur forme réelle. On reconnaît ainsi qu'ils ressemblent à des sacs sphéroïdes à parois très-minces et qu'ils renferment 1° une substance granuleuse ou limpide ; 2° un corps vésiculeux sphéroïde qui porte le nom de noyau (fig. 16, *B*, *a*). Il arrive quelquefois, quoique très-rarement, que le noyau a une teinte rouge.

Le globule incolore (leucocyte) muni de son noyau s'appelle une *cellule à noyau*. On remarquera qu'elle vit à l'état libre dans le plasma du sang et qu'elle montre une

contractilité indépendante. En effet, si elle ne dépendait du plasma pour les conditions de son existence, on pourrait la comparer à l'un de ces organismes simples que l'on trouve dans l'eau stagnante et qui porte le nom d'*amibiens*.

7. Que les globules rouges dérivent des incolores, d'une façon ou d'une autre, cela peut être considéré comme certain; mais les degrés de cette transformation n'ont pas été observés avec une parfaite netteté. Il y a cependant beaucoup de raisons de croire que le globule rouge n'est qu'un simple noyau de globule blanc ou leucocyte, quelque peu grossi, aplati, transformé par le développement dans son sein d'une matière colorante rouge, et mis en liberté par suite de la rupture du sac ou des parois du globule blanc. En d'autres termes le globule rouge est un noyau rouge.

L'origine des leucocytes eux-mêmes n'est pas déterminée avec certitude. Mais il est très-probable qu'elles ne sont que les cellules qui constituaient certaines portions du corps et qui ont été détachées et transportées dans le sang, travail qui serait effectué surtout par les glandes sans conduits (leçon V, § 27), d'où ces cellules détachées passent directement ou indirectement dans le sang comme *globules de lymphe*.

Les faits que nous consignons dans les lignes qui suivent ont une signification très-importante et une grande portée en ce qui touche les relations qui existent entre les différents genres de globules.

a) Les animaux invertébrés[1] qui ont de véritables glo-

[1] Les animaux invertébrés sont, on se sait, dépourvus d'épine du dos, les insectes, les serpents, les anémones de mer, etc. Les animaux vertébrés sont les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères.

bules de sang ne possèdent que ceux qui ressemblent aux globules blancs de l'homme.

b) L'animal vertébré le plus inférieur, l'amphioxus, ne possède que des globules blancs et les très-jeunes embryons[1] de tous les animaux vertébrés n'ont que des globules blancs à noyaux.

c) Tous les animaux vertébrés[2] dont les petits naissent d'œufs ont deux genres de globules, les incolores, comme ceux de l'homme, et de gros globules rouges, généralement ovales et qui diffèrent en outre de ceux de l'homme en ce qu'ils offrent un noyau. Ce sont simplement, en effet, des globules incolores grossis et colorés.

d) Tous les animaux qui nourrissent leurs petits au sein (les mammifères) ont, comme l'homme, deux genres de globules, les incolores, les autres, plus petits, colorés. Ceux-ci sont toujours aplatis et sans noyau. Ils sont généralement arrondis, mais dans la tribu des chameaux ils sont elliptiques et il est digne de remarque que chez ces animaux le noyau des globules blancs est aussi elliptique.

e) Les globules incolores diffèrent beaucoup moins l'un de l'autre dans toute la série des vertébrés que ne diffèrent entre eux les globules rouges. Les plus petits de ces globules se rencontrent dans le chevrotain-porte-musc; ils sont d'environ le quart de ceux de l'homme. D'autre part, les plus gros globules rouges se trouvent chez les *amphibies* (grenouilles et salamandres); chez quelques espèces ils sont jusqu'à dix fois plus gros que chez l'homme.

8. A mesure que le sang *meurt*, ses diverses parties intégrantes que nous avons maintenant décrites subissent des changements marqués.

[1] Un embryon est la première formation d'une créature quelconque.

[2] Ce sont les poissons, les amphibies, les reptiles et les oiseaux.

Les globules incolores perdent leur contractilité, mais subissent peu de changements. Ils ne tendent pas à s'agglomérer les uns aux autres, ni aux globules rouges, mais ils adhèrent à la feuille de verre, sur laquelle ils sont posés.

Il en est autrement des globules rouges qui d'abord, ainsi qu'on l'a dit, flottent, roulent ou glissent librement l'un sur l'autre. Après un certain temps, dont la durée

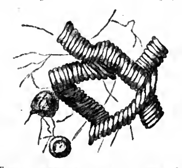


Fig. 18. — Globules rouges de sang humain distribués en rouleaux adhérents.

Grossissement d'environ 600 diamètres.

On voit un globule rouge libre et un globule incolore. Le plasma qui fait le fond de la figure est traversé çà et là par des filaments de fibrine.

change chez différentes personnes, mais s'élève d'ordinaire à deux ou trois minutes, il semble qu'ils deviennent épais et qu'ils tendent à adhérer les uns aux autres, et cette tendance augmente jusqu'à ce qu'à la fin la grande majorité d'entre eux s'applique face à face, de façon à constituer de longues séries comme des rouleaux de monnaie. L'extrémité d'un rouleau adhérant aux côtés d'un autre rouleau, il se produit un réseau à mailles très-inégales.

Les globules adhèrent ainsi pendant quelque temps, puis ils se séparent et flottent de nouveau librement.

L'addition d'un peu d'eau ou d'un acide dilué ou d'une solution saline détruit tout d'un coup les rouleaux.

C'est de cette précipitation des globules l'un vers l'autre et de cette réunion en paquets rétiformes que proviennent les changements que nous avons signalés plus haut dans l'apparence du sang vu à la loupe (§ 2). Aussi longtemps que les globules sont séparés l'apparence sablonneuse persiste, quand ils s'agrègent, la couche de sang paraît se distribuer en mosaïques ou en *taches*.

Il est rare, si même la chose arrive, que les globules rouges s'agglomèrent tous en rouleaux, toujours quelques-uns restent libres dans les mailles du réseau. En contact avec l'air ou soumis à une pression, plusieurs des globules découvrent de petites élévations qui les font ressembler à des framboises, — apparence qui a conduit erronément à croire à une rupture ou à une subdivision spontanée des globules.

9. Les globules rouges du sang subissent occasionnellement une modification encore plus importante. Sous certaines influences la substance particulière rouge qui forme la masse principale de leur contenu et qui a été appelée l'*hémoglobine* (à cause de sa séparation facile en *globuline* et *hématosine*, § 6) se sépare en masses cristallisées (*hématocristalline* de Lehmann). Chez l'homme ces cristaux ont la forme de *prismes*, chez d'autres animaux, ils prennent d'autres formes. Si l'on met en contact, à la lumière solaire, le sang, l'oxygène et l'acide carbonique, on favorise cette cristallisation ; en sorte que le procédé le plus commode pour voir ces *cristaux de sang* est d'exposer une goutte de sang à l'air, de la mouiller ensuite avec de l'eau et de lui fournir de l'acide carbonique en soufflant dessus plusieurs fois. La couleur de la goutte reluit à mesure que les cristaux se forment dans son sein.

5

10. Quand la couche de sang est extraite depuis dix ou quinze minutes, le plasma perd sa transparence. Il montre alors une quantité de filaments extrêmement délicats formés par une substance appelée fibrine qui provient du plasma et qui le traverse dans toutes les directions ; les filaments s'unissent l'un l'autre et aussi aux globules et relient le tout en une masse demi-solide.

C'est ce dépôt de la fibrine qui cause la solidification apparente ou coagulation de la goutte de sang qui est sur la seconde feuille de verre (§ 1). Mais les phénomènes de la coagulation, qui sont d'une grande importance, ne peuvent pas être clairement compris avant que l'on ait étudié comment se comporte le sang quand on l'extrait en quantité plus grande qu'une goutte.

11. Lorsque l'on ouvre une veine avec la lancette, on reçoit dans un vase une quantité plus ou moins grande de sang qui est d'abord parfaitement liquide. Mais au bout d'un quart d'heure et quelquefois en moins de la moitié de ce temps, il se sépare en deux portions très-distinctes, l'une, un liquide clair et jaunâtre, l'autre, une masse rouge et demi-solide qui repose au fond du liquide et est plus pâle en couleur et plus ferme à sa surface que dans ses parties plus profondes.

Le liquide s'appelle *serum*, la masse demi-solide, caillot (*crassamentum*) ; or, évidemment, le caillot renferme les globules du sang reliés entre eux par quelque autre substance, et si l'on examine au microscope une portion du caillot, on reconnaîtra que cette substance est cette matière d'apparence fibreuse, la fibrine, que l'on a vue se former dans la couche mince de sang. Ainsi le caillot est l'équivalent des globules *plus* la fibrine du plasma, tandis que le sérum est le plasma *moins* les éléments fibreux qu'il contenait.

12. Les globules de sang sont un peu plus lourds que le plasma; aussi quand le sang est extrait, ils tombent vers le fond. La portion supérieure du caillot, d'une teinte plus claire que l'inférieure, contient moins de globules, car la fibrine trouve moins de globules rouges à saisir, quand elle se coagule, dans la couche supérieure du plasma. En outre, dans certaines conditions du sang les globules s'agglomèrent avec une plus grande rapidité et en masses plus denses que d'ordinaire. Aussi ils surmontent plus aisément la résistance du plasma à leur précipitation, de même que des plumes réunies en masses tombent beaucoup plus rapidement dans l'air que lorsqu'elles sont isolées. Quand cela arrive, la portion supérieure du plasma est complètement libre de tout globule rouge avant que la fibrine se forme dans sa substance et, en conséquence, la couche supérieure du caillot est presque blanche, elle reçoit alors le nom de *couenne*.

Après la formation du caillot, la fibrine se resserre et chasse une grande portion du sérum contenu dans ses mailles; toutes choses d'ailleurs égales, elle se resserre d'autant plus qu'elle rencontre moins de globules dans son retrait. De là résulte que quand la couenne est formée, elle se contracte ordinairement assez pour donner au caillot l'aspect de la face supérieure d'une coupe.

Ainsi la couenne est constituée par de la fibrine naturellement séparée des globules rouges. Cette séparation peut être produite artificiellement en fouettant le sang avec des baguettes aussitôt qu'il est extrait, jusqu'à ce que sa coagulation soit complète. Sous cette influence, la fibrine s'attachera aux baguettes et abandonnera un liquide rouge qui est le sérum du sang, plus des globules rouges et un certain nombre de globules incolores.

13. La coagulation du sang est favorisée, retardée ou

temporairement empêchée par les circonstances suivantes :

a) Température. Une température élevée accélère la coagulation du sang ; une basse température la retarde énormément ; quelques observateurs ont avancé que quand on maintient le sang à une température suffisamment froide, il ne se coagule jamais.

b) Addition de substances solubles dans le sang. Plusieurs substances salines, et particulièrement le sulfate de soude et le sel de cuisine, dissoutes dans le sang en quantité suffisante, empêchent sa coagulation ; mais cette coagulation survient si l'on ajoute de l'eau, pour diluer les solutions salines.

c) Contact avec des substances animées ou inanimées. Le contact avec des substances inanimées active la coagulation. Ainsi le sang reçu dans une cuvette se coagule d'abord sur les points où il est en contact avec les parois de la cuvette; un fil métallique introduit dans une veine vivante se recouvre de fibrine, quoiqu'il soit entouré d'un sang parfaitement liquide.

D'autre part le contact direct avec les substances animées retarde ou prévient tout à fait la coagulation. Ainsi le sang reste liquide très-longtemps dans une portion de veine dont les deux extrémités seraient liées.

Le cœur d'une tortue extrait du corps de l'animal reste vivant pendant une période assez longue (plusieurs heures et même plusieurs jours), et aussi longtemps qu'il restera vivant, le sang qu'il contient ne se coagulera point, quoique, si l'on enlève du cœur une partie de ce même sang, il se coagulera en peu de minutes.

Le sang pris à une tortue et dont on aura, à l'aide du froid, empêché la coagulation, peut être replacé dans un cœur détaché mais encore vivant, et ne se coagulera point.

La fibrine fraîchement déposée agit en quelque manière

comme les substances animées, car du sang coagulable reste liquide pendant une période assez longue dans des tubes tapissés de cette fibrine.

14. La coagulation du sang est un phénomène entièrement physico-chimique qui dépend de la propriété qu'ont, indépendamment de la vitalité de ce liquide, certains éléments du plasma. Ceci est prouvé par ce fait que si l'on s'oppose à l'aide du froid à la coagulation du plasma du sang et qu'on y ajoute beaucoup d'eau, un courant d'acide carbonique envoyé à travers la masse liquide précipitera une matière pulvérulente blanche. Si l'on dissout cette matière blanche dans une solution faible de sel commun ou dans une solution extrêmement faible de potasse ou de soude, elle se coagulera après un laps de temps et formera un caillot de véritable et pure fibrine. Il serait absurde de supposer qu'une substance qui a été précipitée de sa solution et ensuite redissoute reste après cela vivante.

Il y a des raisons pour admettre que cette matière blanche est formée de deux éléments d'une composition très-similaire qui existent séparément dans le sang vivant et dont l'union est la cause de l'acte de la coagulation. Ces raisons peuvent être résumées comme il suit : le péricarde et les autres cavités séreuses du corps contiennent un liquide clair, qui a été exhalé des vaisseaux sanguins et qui renferme tous les éléments du sang, moins les globules. Ce liquide se coagule quelquefois spontanément, de la même façon que le plasma du sang, mais très-souvent aussi ne montre aucune tendance à la coagulation spontanée : dans ce cas on peut le faire se coaguler et donner un caillot de vraie fibrine en ajoutant au liquide un peu de sérum du sang.

Si maintenant l'on dilue abondamment le sérum à l'aide de l'eau et que l'on fasse passer à travers sa masse un

courant d'acide carbonique, une matière pulvérulente blanche sera précipitée ; cette matière dissoute dans une solution saline diluée ou dans une solution alcaline extrêmement diluée ; et ajoutée ensuite au liquide du péricarde produira un caillot aussi nettement formé que celui que l'on peut avoir avec du vrai sérum.

Cette matière blanche a été appelée *globuline*. Elle se trouve, non-seulement dans le sérum, mais encore, quoique en petite quantité, dans le tissu connectif (leçon I, § 12), dans la cornée, dans les humeurs de l'œil et dans quelques autres liquides du corps. Elle possède les mêmes propriétés générales que les substances albumineuses qui entrent en si large proportion dans les globules rouges (§ 4) et c'est pourquoi elle porte le même nom. Mais quand on la traite par des agents chimiques, même par ceux qui ne produisent aucun effet appréciable sur sa composition chimique, elle perd rapidement sa propriété particulière, qui est de faire coaguler des liquides séreux. Cette propriété disparait par un excès d'alcali par exemple ou en présence des acides.

C'est pourquoi, bien qu'il y ait beaucoup de raison de croire que la *globuline fibrino-plastique* — tel est son nom — qui existe dans le sérum provient en réalité des globules rouges, la globuline que l'on extrait en grande quantité de ces corps par l'action de puissants agents n'a aucun effet coagulant sur le liquide du péricarde et des autres membranes séreuses.

Quoique la globuline soit apte à subir de tels changements, quand elle est en solution, on peut la dessécher à une basse température et la conserver sous forme de poudre pendant plusieurs mois, sans lui faire perdre son pouvoir coagulateur.

Ainsi la globuline, ajoutée aux liquides séreux dans

certaines conditions, est un coagulateur de ces liquides qui donnent lieu au développement de la fibrine.

La globuline agit de la sorte par son action sur une substance contenue dans le liquide séreux, qui peut en être extrait et qui peut jouer en présence d'une solution de globuline le même rôle que celle-ci joue en sa présence. Cette substance a été appelée *fibrinogène* (*plasmine* de Denis et Virchow. D.). Elle ressemble beaucoup à la globuline et peut être précipitée des exsudations séreuses par l'acide carbonique, de même que la globuline peut être précipitée du sérum du sang. Redissoute dans une solution alcaline et additionnée d'un liquide quelconque contenant de la globuline, elle agit comme coagulateur du premier liquide et donne lieu au développement d'un caillot de fibrine. D'accord avec ce qui a déjà été dit, le sérum du sang complétement coagulé peut être conservé dans un vase et le liquide du péricarde dans un autre vase, sans que la coagulation ait lieu, pendant un temps indéfini, si toutefois l'on empêche la décomposition; mais si on les mélange, elle se produit aussitôt.

Ainsi il semble établi que la coagulation du sang et la formation de la fibrine sont déterminées primitivement par l'action réciproque de deux substances (ou deux modifications de la même substance), la *globuline* et la *fibrinogène*, la première qui existe dans le sérum du sang et dans quelques tissus organiques et la seconde qui n'est jusqu'à présent découverte que dans le plasma du sang de la lymphe et du chyle et dans les fluides qui en dérivent.

15. Le dicton populaire « le sang est plus épais que l'eau » est exactement vrai, car le sang est épaissi par les globules; on a calculé qu'il n'y en avait pas moins de 70,000,000,000 dans un pouce cube (16 cent. cubes), c'est-à-dire quatre-vingts fois le chiffre total de la popu-

lation humaine ; en outre le sang est rendu légèrement visqueux par les matières solides dissoutes dans le plasma. Le sang est donc plus lourd que l'eau ; sa pesanteur spécifique est d'environ 1055. En d'autres termes, 1 litre de sang au lieu de peser, comme 1 litre d'eau, 1000 grammes, pèse 1055 grammes.

Les globules sont plus lourds que le plasma et leur volume total est en général un peu moindre que celui du plasma. On ne compte ordinairement que trois ou quatre globules incolores pour chaque millier de globules rouges ; mais ce nombre varie beaucoup, augmente légèrement après les repas et diminue dans leur intervalle.

Le sang est chaud ; sa température est d'environ 39° centigrades.

16. Au point de vue chimique, le sang est un liquide alcalin composé d'eau et de matières gazeuses et solides.

Les proportions de ces diverses parties constituantes varient suivant l'âge et les circonstances ; mais les chiffres suivants peuvent être considérés comme une bonne moyenne :

Pour une quantité de sang $= 100$, il y a 79 parties d'eau et 21 de matières solides sèches ; en d'autres termes, l'eau et les parties solides du sang sont l'une par rapport à l'autre dans les mêmes proportions que l'azote et l'oxygène de l'air. En chiffres ronds, un quart du sang est formé de matériaux solides, sels, et trois quarts d'eau. Sur les 21 parties solides, sèches, 12 — les $\frac{4}{7}$ — appartiennent aux globules. Les 9 parties restantes sont composées pour les deux tiers ($6,7 = \frac{2}{7}$) d'albumine (ou blanc d'œuf), qui se coagule par la chaleur, et pour un tiers ($\frac{1}{7}$ de la masse solide) d'un mélange de sels, graisse et matière sucrée, de produits divers de l'usure de l'organisme et de fibrine. On trouvera que la proportion de fibrine

est remarquable par sa petitesse, si l'on se rappelle le rôle important de cette substance dans l'acte de la coagulation. Le sang sain, en effet, n'en abandonne en se coagulant que deux ou trois parties pour 1000 de son poids.

La quantité totale de matière gazeuse contenue dans le sang est égale à un peu moins de la moitié du volume du sang, c'est-à-dire que 10 centimètres cubes de sang contiennent un peu moins de 5 centimètres cubes de gaz. Ces matières gazeuses sont l'acide carbonique, l'oxygène et l'azote ou, en d'autres termes, les mêmes gaz que ceux qui existent dans l'atmosphère, mais dans des proportions totalement différentes; tandis que l'air contient environ trois quarts d'azote, un quart d'oxygène et à peine quelques traces d'acide carbonique, la composition moyenne des gaz du sang est d'environ deux tiers d'acide carbonique, un peu moins d'un tiers d'oxygène et à peine un dixième d'azote.

Il importe de faire remarquer que le sang contient plus de gaz oxygène que n'en pourrait renfermer l'eau à la même température et à la même pression. Cette propriété de contenir de l'oxygène semble dépendre à quelques égards des globules, d'abord parce que le sérum seul n'a pas un pouvoir plus grand pour absorber l'oxygène que l'eau elle-même et ensuite, parce qu'une solution d'hémoglobuline absorbe très-promptement l'oxygène. On doit remarquer en outre que quelques substances qui peuvent être oxydées très-promptement, telles que l'acide pyrogallique, ne sont pas modifiées par leur passage à travers le sang. Il semblerait par là que l'oxygène n'est pas tout à fait libre, mais est tenu en une sorte de combinaison chimique faible avec la partie constituante du sang contenue dans les globules.

Les globules diffèrent chimiquement du plasma, en ce

qu'ils contiennent une grande partie des corps gras et des phosphates, tout le fer et presque toute la potasse du sang; d'un autre côté, le plasma contient une portion de beaucoup plus grande du chlore et de la soude du sang.

17. Le sang des adultes renferme plus de matières solides que celui des enfants, et celui des hommes plus que celui des femmes. Mais cette différence, quant au sexe, est à peine marquée chez les personnes d'une constitution molle, souvent appelée constitution lymphatique.

La nourriture animale tend à augmenter la quantité de globules rouges; la nourriture végétale et la diète tendent à les diminuer. La saignée exerce la même influence à un degré encore plus marqué, car la quantité de globules rouges diminue par là dans une proportion beaucoup plus grande que celle des autres parties solides du sang.

18. La quantité totale de sang que contient le corps varie aux différentes périodes de la vie; il est difficile de la déterminer avec précision. Il est probable qu'en moyenne elle s'élève au dixième du poids du corps.

19. La fonction du sang est de fournir des aliments à toutes les parties du corps et d'en enlever tous les matériaux usés. Il est absolument nécessaire à la vie de chaque portion du corps qu'elle soit dans des relations telles avec le courant du sang, que les éléments de ce liquide puissent y pénétrer librement et que la substance du corps puisse librement aussi passer dans le sang par transsudation à travers les parois des vaisseaux qui en contiennent. Cet acte vivifiant dépend des globules du sang. On en trouve la preuve dans l'expérience suivante : si on lie les vaisseaux d'un membre chez un animal vivant de façon à interrompre l'abord du sang sans blesser ce membre d'aucune autre manière, tous les symptômes de la mort se montreront bientôt. Ce membre deviendra pâle et froid, il perdra sa

sensibilité, et la volonté n'aura plus aucune action sur lui: il sera paralysé et plus tard se mortifiera et se décomposera.

Mais alors même que la raideur de la mort se sera manifestée, si l'on enlève les ligatures de façon à permettre au sang d'affluer de nouveau dans le membre, la raideur disparaîtra rapidement, la température de la région s'élèvera, la sensibilité de la peau reviendra, la volonté retrouvera son action sur les muscles et, en un mot, ce membre rentrera dans ses conditions normales.

Si au lieu de laisser le sang couler de nouveau dans les vaisseaux de l'animal on introduit artificiellement un sang privé de sa fibrine par l'agitation, mais contenant encore ses globules, on le trouvera aussi efficace à rappeler la vie que le sang complet, tandis que le sérum seul (c'est-à-dire le sang privé de sa fibrine et de ses globules) est impuissant à produire ce résultat.

Il n'est pas nécessaire que le sang artificiellement injecté soit celui du sujet en expérience. Les hommes ou les chiens saignés jusqu'à la mort apparente peuvent être subitement et définitivement rappelés à la vie si l'on introduit dans leurs veines du sang pris à un autre homme ou à un autre chien, opération connue sous le nom de *transfusion.*

Il n'est pas même absolument nécessaire pour réussir dans cette opération que le sang infusé appartienne à un animal de la même espèce. Le sang d'un cheval pourra revivifier un âne d'une manière stable et, en général, le sang d'un animal peut être remplacé, sans effets fâcheux, par celui d'une autre espèce, très-voisine; celui d'un animal très-différent serait plus ou moins nuisible et peut même déterminer une mort immédiate.

20. La *lymphe* qui remplit les vaisseaux lymphatiques

est comme le sang un fluide alcalin qui se compose de plasma et de globules et se coagule par la séparation de la fibrine du plasma. La lymphe diffère du sang en ce que ses globules sont tous incolores et par la très-petite proportion de ces parties solides qui ne s'élèvent qu'à 5 pour 100 de son poids total. En fait, la lymphe peut être considérée comme du sang *moins* les globules rouges et en outre diluée avec de l'eau, de façon à être un peu moins dense que le sérum du sang qui contient environ 8 pour 100 de matières solides.

Une quantité de liquide égale à celle du sang est probablement versée chaque jour par les vaisseaux lymphatiques dans le sang. La lymphe est en grande partie le superflu du sang lui-même, plasma qui est exsudé des capillaires dans les tissus et qui n'a pas été absorbé de nouveau dans le courant veineux; le reste provient de l'absorption du chyle dans le tube intestinal.

LEÇON IV

LA RESPIRATION

1. Le sang, dont nous avons décrit la nature et les propriétés générales dans la leçon précédente, est le produit très-complexe non d'un organe ou d'une partie du corps, mais de tous. Plusieurs de ses qualités lui sont sans doute communiquées par ses éléments propres, d'une structure spéciale, les globules. Mais le caractère général de ce liquide est aussi profondément modifié par ce fait que chaque partie du corps emprunte et rend quelque chose au sang. Le sang peut être comparé à une rivière dont le contenu est déterminé en grande partie par la nature des eaux de la source et par celle des animaux qui nagent dans son sein, mais qui est aussi modifié par le sol sur lequel elle coule, par les plantes qui couvrent ses rives, par les affluents des régions lointaines, par les détournements pratiqués pour l'irrigation ou par le liquide des tuyaux de drainage qui se verse dans son sein.

2. L'un des changements les plus remarquables et les plus importants effectués dans le sang est celui qui, dans

la plupart des régions du corps, résulte de son simple passage à travers les capillaires, ou, en d'autres termes, à travers les vaisseaux, dont les parois sont assez minces pour permettre un libre échange entre le sang et les liquides qui baignent les tissus adjacents. (Leçon II, § 1.)

Si, par exemple, on prend du sang à une artère qui le fournit à un membre, on lui trouvera une couleur d'un rouge brillant. Au même moment, le sang d'une veine du même membre sera d'une couleur violacée si foncée qu'on l'appelle ordinairement *sang noir*. Et comme cette différence se retrouve dans le contenu de toutes les artères et des veines (à l'exception des veines et des artères pulmonaires), le sang rouge s'appelle d'ordinaire *artériel* et le sang noir *veineux*.

Cette conversion de sang artériel en sang veineux s'opère dans toutes les parties où la vie persiste. Ainsi si l'on détache un membre du corps et que l'on injecte du sang rouge à l'aide d'une seringue dans ses artères, ce sang rouge sortira par les veines, *noir*, aussi longtemps que le membre coupé montrera quelques signes de vitalité persistante. Et quand ces signes auront disparu, le sang ne subira plus de changements.

3. Quand on soumet à l'analyse chimique des spécimens de sang veineux et de sang artériel, on trouve dans leurs parties solides et liquides des différences fort petites et inconstantes. En général, on rencontre dans le sang artériel un peu plus d'eau et un peu plus de matière grasse. Mais le contenu gazeux des deux genres de sang offre des différences considérables quant à la proportion de l'acide carbonique par rapport à l'oxygène; il y a dans le sang veineux une plus petite quantité d'oxygène et une plus grande quantité d'acide carbonique que dans le sang artériel.

On peut démontrer expérimentalement que cette différence dans les contenus gazeux est la seule différence essentielle entre le sang veineux et le sang artériel; car si l'on secoue du sang artériel mêlé à de l'acide carbonique de façon à le saturer complétement de ce gaz, ce sang perd son oxygène, reçoit de l'acide carbonique et acquiert la couleur et les propriétés du sang veineux; d'un autre côté, si l'on traite le sang veineux en l'agitant dans une bouteille qui contiendrait de l'oxygène, ce sang absorbe l'oxygène, perd son acide carbonique et prend la couleur et les propriétés du sang artériel.

On parvient d'ailleurs aux mêmes résultats, quoique plus lentement, si l'on introduit le sang dans une mince vessie et que l'on place cette vessie dans l'oxygène ou dans l'acide carbonique; la membrane animale mince et humide laisse le changement se produire très-aisément sans offrir aucun empêchement sérieux au passage de l'un ou de l'autre gaz.

4. Les actions physico-chimiques, qui se passent dans l'échange de l'acide carbonique pour l'oxygène, lorsque le sang veineux est converti en sang artériel ou, réciproquement, — dans les cas mentionnés ci-dessus, — ne sont pas nettement comprises et sont sans doute quelque peu complexes. Mais on sait : 1° que les gaz contenus mécaniquement dans un liquide tendent à se répandre dans l'atmosphère auquel ils sont exposés jusqu'à ce qu'ils occupent dans cet atmosphère un espace égal, et 2°, que les gaz séparés par une membrane poreuse ou directement en contact se mélangent avec une rapidité qui est en raison inverse des racines carrées de leurs densités.

La connaissance de ces principes de physique doit nous aider à reconnaître comment les gaz contenus dans le sang peuvent effectuer un échange avec ceux de l'air, que le

sang soit librement exposé à l'air ou qu'il soit contenu dans une membrane.

Mais l'application de ces principes ne nous donne rien de plus que cette première vue d'ensemble, car premièrement les gaz du sang ne sont pas contenus dans le sang par simple mélange; l'oxygène semble être combiné librement avec les globules rouges et il y a des raisons pour croire qu'une grande partie au moins de l'acide carbonique est chimiquement combinée, quoique d'une façon également instable, avec les sels inorganiques du sérum. Secondement, quand la transformation artérielle s'accomplit à travers les parois d'une vessie ou d'une membrane animale quelconque, les choses se compliquent par suite de cette circonstance que la vapeur d'eau dissout l'acide carbonique beaucoup plus abondamment que l'oxygène; il suit de là qu'une vessie humide a une action différente sur l'acide carbonique et sur l'oxygène. Une vessie humide, en partie remplie d'oxygène et suspendue dans le gaz acide carbonique, se gonfle rapidement, parce que le gaz acide carbonique y pénètre avec beaucoup plus de rapidité que l'oxygène n'en met à sortir.

5. On ne connaît pas bien les causes du changement qui s'opère dans la couleur du sang, qui devient noirâtre quand il est soumis à l'action de l'acide carbonique et rouge vif quand c'est l'oxygène qui agit sur lui. Cependant on a quelques raisons pour croire que les globules rouges s'aplatissent sous l'influence de l'oxygène et se gonflent sous l'influence de l'acide carbonique. (Leçon III, § 4.) Dans le premier cas, ils peuvent vraisemblablement réfléchir plus fortement la lumière de façon à donner au sang une couleur plus nette; dans le second cas, ils peuvent réfléchir moins la lumière et ainsi donner au sang un aspect plus sombre et plus épais.

Néanmoins la question n'est point toute là; car des solutions d'hémoglobuline ou de cristaux sanguins (leçon III, § 9), même parfaitement dépourvues de globules libres, changent de couleur, du rouge écarlate au rouge pourpre, selon qu'elles gagnent ou perdent de l'oxygène. On a déjà dit (leçon III, § 16) que très-probablement l'oxygène existe dans le sang à l'état de faible combinaison avec l'hémoglobuline. Mais en outre on peut prouver qu'une solution d'hémoglobuline faiblement combinée avec l'oxygéne offre une couleur écarlate, tandis qu'une solution d'hémoglobuline privée d'oxygène offre une teinte violacée. Il suit de là que le sang artériel, dont l'hémoglobuline est richement pourvue d'oxygène, doit naturellement être rouge, tandis que le sang veineux, qui, non-seulement contient un excès d'acide carbonique, mais dont l'hémoglobuline a aussi perdu beaucoup de son oxygène, doit être violacé.

6. D'ailleurs, quelle que soit l'explication qu'on leur donne, les faits suivants sont positifs : 1° le sang artériel, qui n'est séparé que par une membrane mince de l'acide carbonique ou d'un liquide plus chargé de ce gaz qu'il ne l'est lui-même, devient veineux ; 2° le sang veineux, qui n'est séparé que par une membrane mince de l'oxygène ou d'un liquide qui renferme une plus grande proportion libre de ce gaz que lui-même, devient artériel.

C'est sur ces faits que repose l'explication de la conversion du sang rouge en sang noir, lorsqu'il traverse les capillaires, car ces cap llaires sont baignés par les humeurs de l'organisme, qui renferment de l'acide carbonique produit en excés par l'usure et la combustion. Si, d'un autre côté, nous cherchons à nous expliquer la conversion du sang, qui est noir dans les veines, en sang qui est rouge lans les artéres, nous trouvons : 1° que ce sang reste noir dans l'oreillette droite, le ventricule droit et l'artère pul-

monaire, et 2° qu'il est rouge non-seulement dans l'aorte, mais encore dans le ventricule gauche, l'oreillette gauche et les veines pulmonaires.

Donc la transformation du sang veineux en sang artériel s'opère évidemment dans les vaisseaux capillaires du poumon, seules voies de communication entre les artères et les veines pulmonaires.

7. Quelles sont maintenant les conditions physiques, au sein desquelles va se trouver le sang dans les vaisseaux capillaires pulmonaires?

Ces vaisseaux sont spacieux, à parois délicates et très-rapprochées, de façon qu'ils constituent un réseau à très-petites mailles contenu dans une membrane très-mince. Cette membrane est en contact avec l'air, de sorte que, dans chacun des capillaires du poumon le sang, n'est séparé de l'air que par une pellicule délicate composée de la paroi des capillaires et de la membrane du poumon; un échange très-rapide aura donc lieu entre le sang et l'air; l'air s'emparera de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique et abandonnera son oxygène (leçon I, § 23 et 24).[1]

Tel est l'acte essentiel de la respiration. On peut aisément démontrer qu'il s'accomplit réellement ainsi, d'une part, à l'aide de l'expérience décrite dans la première leçon (§ 5), qui prouve que l'air chassé par la respiration diffère de l'air inspiré en ce qu'il renferme plus de chaleur, plus d'eau, plus d'acide carbonique et moins d'oxygène;

[1] On doit se mettre en garde contre l'idée que le sang artériel ne contient pas d'acide carbonique et le sang veineux pas d'oxygène. En traversant les poumons, le sang veineux ne perd qu'une partie de son acide carbonique et le sang artériel en traversant les tissus ne perd qu'une partie de son oxygène. Dans le sang quelque veineux qu'il soit il y a toujours, à l'état de santé, un peu d'oxygène et même dans le sang artériel le plus rouge il y a toujours plus d'acide carbonique que d'oxygène.

d'autre part, en posant une ligature sur le conduit de l'air chez un animal vivant, de façon à empêcher l'entrée et la sortie de l'air, et en examinant ensuite le contenu du cœur et des gros vaisseaux. Dans les deux côtés du cœur, dans l'artère pulmonaire et dans l'aorte on trouvera un sang aussi complétement veineux que dans la veine cave et dans l'artère pulmonaire.

Mais quoique la sortie du gaz acide carbonique et de la vapeur d'eau chaude d'une part, et l'entrée de l'oxygène dans le sang d'autre part, soient les actes fondamentaux de la respiration, et qu'en conséquence une membrane recouverte de sang d'un côté, et d'air de l'autre côté, suffit pour effectuer la purification du sang, l'accumulation de l'acide carbonique est cependant si rapide et le besoin d'oxygène si incessant dans toutes les parties du corps humain que l'acide carbonique ne peut être enlevé ni l'oxygène fourni avec une rapidité proportionnelle sans l'aide d'un appareil accessoire, dont l'organisation et le travail seront étudiés soigneusement dans les pages qui suivent.

8. L'arrière-bouche ou pharynx communique par deux conduits avec l'air extérieur (voir fig. 34). L'un de ces conduits est constitué par l'ouverture nasale, qui ne peut être close par aucun appareil musculaire spécial; l'autre est représenté par la bouche, qui peut être à volonté ouverte ou fermée.

Immédiatement derrière la langue à la partie inférieure et antérieure du pharynx se trouve une ouverture, la *glotte*, qui peut se fermer à l'aide d'une sorte de couvercle — l'*épiglotte* — ou bien encore par le rapprochement de ses parois latérales qui forment les *cordes vocales* (voy. fig. 34, 48 et 49). La glotte s'ouvre dans une cavité à parois cartilagineuses, le *larynx;* du larynx tout le long

de la région antérieur de la gorge (où l'on sent aisément le larynx) s'étend le conduit de l'air appelé la *trachée* (fig. 19).

Si la trachée est palpée à travers la peau, on la trouvera ferme et résistante. Ses parois sont en effet fortifiées

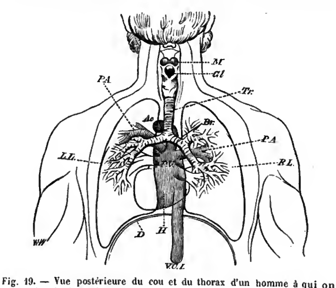


Fig. 19. — Vue postérieure du cou et du thorax d'un homme à qui on aurait enlevé la colonne vertébrale et la paroi postérieure du thorax.

M, bouche; *Gl*, glotte; *Tr*, trachée; LL, poumon gauche; RL, poumon droit; Br, bronches; PA, artère pulmonaire; PV, veines pulmonaires; *Ao*, aorte; D, diaphragme; H, cœur; VCI, veine cave inférieure.

par une série de cercles cartilagineux, incomplets en arrière et dont les bouts sont réunis seulement par des muscles et des membranes, au point où la trachée se trouve en contact avec l'*œsophage* ou conduit des aliments. La trachée passe dans le thorax et se divise en deux branches, l'une à droite, l'autre à gauche; ces branches portent le nom de *bronches* (fig. 19, *Br*). Chaque bronche entre

dans le poumon de son propre côté et là se divise en un grand nombre de petites branches que l'on appelle *tubes bronchiques*. A mesure que ces tubes diminuent de volume, les cartilages, qui s'étaient prolongés jusqu'aux bronches et à leurs ramifications les plus grosses, deviennent plus petits, de sorte que les parois des plus petits tubes bronchiques sont entièrement musculeux ou membraneux. Ainsi, alors que la trachée et les bronches, grâce à leurs cartilages, sont ouverts en permanence et pénétrables à l'air, — les plus petits des tubes bronchiques peuvent être presque fermés par la contraction de leurs parois musculaires.

Les plus petites divisions bronchiques se terminent à la longue en dilatations allongées d'environ 6 centièmes de millimètre en moyenne appelées cellules aériennes ou pulmonaires, qui ont des parois en culs-de-sac (fig. 20, A). Les parois minces (fig. 20, B) qui séparent ces cellules aériennes sont supportées par un tissu très-délicat et très-élastique et renferment de larges capillaires aux mailles très-resserrées, dans lesquelles les ramifications ultimes de l'artère pulmonaire lancent le sang (fig. 20, C). Ainsi le sang contenu dans les capillaires est des deux côtés exposé à l'air, car il n'est séparé des cellules de l'air que par la pellicule délicate qui constitue la paroi du capillaire et par celle qui limite la cellule aérienne.

9. Il suit de là que nulles conditions ne peuvent être plus favorables à un échange rapide entre les éléments gazeux du sang et ceux de l'air dans les cellules pulmonaires que celles qui sont réalisées dans les vaisseaux capillaires du poumon; et, de la sorte, la structure de cet organe nous permet de comprendre nettement comment il se fait que la grande quantité de sang lancée dans la circulation pulmonaire est exposée à l'air en couches très-

minces, sur une très-large surface. Mais le seul résultat de

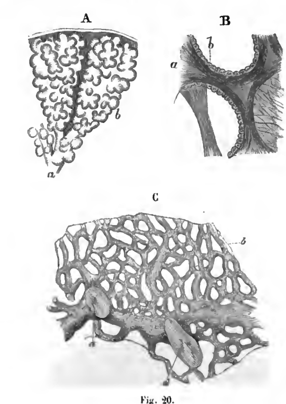


Fig. 20.

A, deux cellules aériennes (*b*) munies du tube bronchique (*a*) qui s'ouvre leur intérieur. Grossissement de 20 diamètres.
B, section au milieu des parois (*a*) de plusieurs cellules aériennes munies de leur épithélium (*b*).
C, capillaires d'une partie des parois d'une cellule aérienne. Grossissement de 300 diamètres. *a*, extrémités coupées des petites veines et artères; *b*, parois des cellules aériennes.

cette organisation serait que l'air introduit dans le poumon perdrait rapidement tout son oxygène et serait rapide-

ment saturé d'acide carbonique, s'il n'existait un mécanisme particulier pour renouveler incessamment la masse d'air.

10. Si l'on observe un homme adulte respirant avec calme dans la position assise, on verra que l'acte respiratoire se répètera de 13 à 15 fois par minute. Chaque inspiration se compose de certains actes qui se succèdent dans un ordre rhythmique régulier. D'abord l'air pénètre à l'intérieur, il est *inspiré;* immédiatement après il en est chassé, il est *expiré*, et cette succession des actes d'inspiration et d'expiration est suivie d'un court repos. Ainsi de même que pour le rhythme du cœur, la systole auriculaire, la systole ventriculaire et le repos se suivent dans un ordre régulier; de même pour la respiration se succèdent l'inspiration, l'expiration et un repos. A chaque inspiration d'un homme adulte et bien développé environ 480 centimètres cubes d'air sont inspirés et à chaque expiration un volume égal ou un peu moindre (déduction faite de l'augmentation de température de l'air expiré) est expulsé du corps.

11. L'air expiré diffère de l'air inspiré par les caractères suivants :

a) Quelle que soit la température de l'air extérieur, l'air expiré est presque aussi chaud que le sang, c'est-à-dire qu'il a de 36 à 40° centigrades.

b) Quelque sec que soit l'air extérieur, l'air expiré est saturé ou presque saturé de vapeur d'eau.

c) L'air ordinaire contient environ 21 parties d'oxygène et 79 parties d'azote, plus 3 centièmes d'acide carbonique pour un total de 100, tandis que l'air expiré contient environ 4,7 parties d'acide carbonique, et de 15 à 16 parties d'oxygène seulement ; la proportion d'azote ne subit que peu ou point de changement. En chiffres ronds,

l'air qui a été respiré a gagné 5 pour 100 d'acide carbonique et a perdu 5 pour 100 d'oxygène.

L'air expiré contient en outre une plus ou moins grande quantité de matière animale qui est voisine de l'état de décomposition.

d) Des analyses minutieuses de l'air inspiré montrent d'abord que la quantité d'oxygène qui disparaît est toujours légèrement en excès sur la quantité d'acide carbonique fournie, et secondement que l'azote est variable, la quantité expirée étant quelquefois plus forte, quelquefois moins forte que la quantité inspirée et lui étant parfois égale.

12. De 100 à 110 mètres cubes d'air passent ainsi en vingt-quatre heures à travers les poumons d'un homme adulte, prenant peu ou point d'exercice; à cette masse d'air on ajoute donc, en respirant, 5 pour 100 d'acide carbonique et on lui enlève 5 pour 100 d'oxygène. Cette proportion élève donc à environ 5 mètres cubes la quantité de gaz absorbée dans l'organisme ou rejetée. Ainsi si un homme est enfermé dans une chambre close, ayant la forme d'un cube de 2 mètres de côté environ, chaque particule d'air de cette chambre aura passé par ses poumons dans l'espace de vingt-quatre heures, et le quart de l'oxygène qu'elle contenait aura été remplacé par l'acide carbonique.

La quantité de carbone éliminée dans les vingt-quatre heures est assez nettement représentée par un morceau de charbon pur pesant 250 grammes.

La quantité d'eau qui sort des poumons dans les vingt-quatre heures varie beaucoup, mais peut être considérée en moyenne comme d'un peu plus d'un quart de litre, soit 280 grammes; mais cette quantité peut tomber au-dessous de ce chiffre ou aller jusqu'au double et même au triple.

13. Les moyens mécaniques à l'aide desquels s'exé-

cutent les mouvements respiratoires nécessaires à l'enlèvement d'une masse considérable de matériaux usés et à l'introduction de la quantité d'oxygène indiquée sont : *a*) l'élasticité des poumons ; *b*) la mobilité des parois et de la base de la cavité thoracique qui contient les poumons.

Le thorax peut être considéré comme une boîte conique complétement fermée, dont la petite extrémité est tournée en haut et dont la partie postérieure est formée par la colonne vertébrale, les côtés par les côtes, la face antérieure par le sternum (ou os de la poitrine), le fond par le diaphragme et le sommet par la base du cou (fig. 19).

Les deux poumons remplissent presque toute la partie de cette cavité, qui n'est point occupée par le cœur. Chacun d'eux est enveloppé d'une membrane séreuse, la *plèvre*. Aussi longtemps que les parois du thorax sont intactes, la cavité de la plèvre est complétement close, la portion de la plèvre qui recouvre les poumons se trouvant en contact étroit avec celle qui limite les parois de la poitrine ; mais si l'on pratique à la plèvre une petite ouverture, les poumons se réduisent tout d'un coup à un volume comparativement petit et laissent ainsi une grande cavité entre les deux couches de la plèvre. Si l'on introduit un tuyau dans les bronches et que l'on y insuffle de l'air, le poumon est très-facilement gonflé à son volume entier; mais si on cesse d'insuffler, il revient sur lui-même et l'air en est chassé avec une certaine force. Le tissu élastique abondant qui tapisse les cellules de l'air est en effet disposé de telle sorte qu'il peut être énormément dilaté quand les poumons sont remplis, et, quand on enlève l'agent de cette dilatation, l'élasticité intervient et expulse de nouveau la plus grande partie de l'air.

Sur le cadavre, les poumons restent dilatés aussi longtemps que les parois de la poitrine sont intacts, et cela

par l'effet de la pression atmosphérique. Car bien que le tissu élastique presse sur la portion de plèvre qui couvre le poumon et tende à la séparer de celle qui tapisse la poitrine, il ne peut produire une telle séparation sans former un espace vide entre les deux couches. Pour produire ce résultat, le tissu élastique doit agir avec une force plus intense que celle de l'air extérieur (laquelle est égale à un poids de 99 grammes par centimètre carré), effort qui est de beaucoup au-dessus de ses forces, qui ne dépassent pas 20 grammes par centimètre. Mais au moment même où une ouverture est faite à la plèvre, la pression atmosphérique à l'intérieur du poumon est équilibrée par celle de l'extérieur et le tissu élastique livré à ses propres forces les applique entièrement à resserrer le poumon.

14. Pendant la vie comme après la mort les poumons sont élastiques. Pendant la vie, la quantité d'air qu'ils contiennent peut être en outre influencée par la contractilité des parois musculaires des tubes bronchiques. Si de l'eau est introduite dans les poumons d'un animal récemment tué, et qu'on dirige à travers les bronches une série de décharges électriques, les bronches se contractent et l'eau est projetée au dehors. Enfin, pendant la vie, une autre source de mouvement se trouve dans les *cils vibratiles*, filaments très-minces attachés à l'épithélium des tubes bronchiques et qui vibrent incessamment en avant et en arrière, et fonctionnent de façon à chasser les matières liquides et solides à l'extérieur, c'est-à-dire vers la trachée.

15. Les côtes sont rattachées à la colonne des vertèbres de façon à s'y mouvoir librement; quand on les laisse à elles-mêmes, elles se placent obliquement de haut en bas et d'arrière en avant[1]. Deux couches de muscles appelés

[1] L'auteur a négligé à dessein les cartilages des côtes pour ne pas compliquer le sujet sans nécessité.

intercostaux passent de chaque côté entre chaque paire de côtes. La couche extérieure, composée des *intercostaux externes*, se dirige obliquement en bas et en avant sur la côte qui est au-dessous. Les intercostaux internes croisent les externes et se dirigent sur la côte inférieure en bas et en arrière.

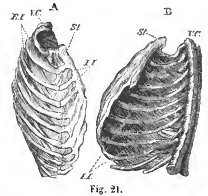


Fig. 21.

A, muscles intercostaux externes; E, I et B, muscles intercostaux internes. En B la poitrine est supposée avoir été divisée verticalement par le milieu du sternum (*st*) et de l'épine vertébrale.

L'action de ces muscles est tout d'abord assez difficile à saisir; mais on parvient aisément à s'en rendre compte si l'on a présent à l'esprit ce fait, que *quand un muscle se contracte, il tend à diminuer autant que possible la distance qui sépare ses deux extrémités.* Supposez que *a* et *b* (fig. 22, A) soient deux tiges parallèles mobiles à leur extrémité sur la tige rigide *c* que l'on peut regarder comme la face postérieure de l'appareil; tracez maintenant une ligne de x à y en bas et en avant, une autre de w à z en bas et en arrière; or, il est évident qu'il y a une position des tiges, et une seulement dans laquelle les points x et y soient à la

distance la plus courte possible, et une autre position, une seulement, dans laquelle les points *w* et *z* sont à la plus courte distance possible; ces positions sont figurées en B pour *x* et *y* et en C pour *w* et *z*; elles sont telles que les points *x* et *y*, *w* et *z* sont aux extrémités de lignes droites perpendiculaires aux deux tiges.

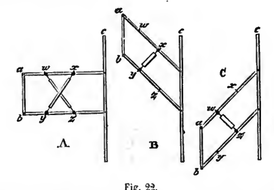


Fig. 22.
Diagramme d'appareils montrant des muscles intercostaux internes et externes; B, élévation des côtes pendant l'expiration; C, abaissement pendant l'expiration.

De sorte que pour amener *x* et *y* à cette position, les tiges, parallèles en A, doivent s'élever, et pour mettre *w* et *z* dans la même situation, ils doivent au contraire s'abaisser.

Si l'appareil que nous venons de décrire est construit en bois; que les crochets soient placés aux points *x*, *y* et *w*, *z*; qu'une bande élastique, aussi longue quand elle est laissée à elle-même que la plus courte distance entre ces deux points, soit munie de boutonnières qui puissent facilement s'adapter aux crochets, on trouvera que lorsque les tiges sont dans une position horizontale, A, l'élasticité de la bande, quand on l'accroche en *x* et en *y*, portera les

tiges dans la direction figurée en B, tandis que si on accroche cette bande en *w* et en *z*, ces tiges seront abaissées ainsi que le montre C (fig. 22).

Remplacez l'élasticité de la bande par la contractilité des muscles intercostaux externes et internes et vous verrez que cette bande a donné l'image vraie de l'action de ces muscles; il est donc prouvé que les intercostaux externes doivent élever les côtes et les intercostaux internes les abaisser.

16. Le diaphragme est une grande membrane placée entre le thorax et l'abdomen, toujours convexe dans le

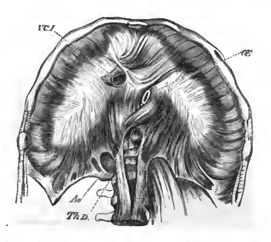


Fig. 23. — Le diaphragme vu par sa face inférieure ou abdominale.

V, C, I, veine cave inférieure ; Œ, œsophage ; Ao, aorte; Th, D, canal thoracique coupé là où *l* passe à travers le diaphragme dont le centre tendineux blanc se distingue aisément des fibres musculaires qui s'irradient, descendent vers les côtes où se forment les deux piliers au-devant des vertèbres.

thorax et concave dans l'abdomen (fig. 1). De son centre, qui est tendineux, des fibres musculaires divergent en bas

vers les côtes, et deux faisceaux charnus assez volumineux, appelés *piliers du diaphragme*, viennent s'insérer à la colonne dorsale (fig. 23). C'est pourquoi, quand ces fibres musculaires se contractent, elles tendent à aplatir le diaphragme et à augmenter la capacité du thorax aux dépens de celle de l'abdomen en abaissant le fond de la cage thoracique.

17. Examinons maintenant quelles seront les conséquences de l'activité des parties de l'appareil respiratoire que nous avons décrites, si le diaphragme seul se contractait à des intervalles réguliers.

Quand il se contracte, il augmente les dimensions verticales de la cavité thoracique et tend à séparer la membrane qui recouvre le diaphragme de la membrane qui recouvre la base des poumons. Mais l'air se précipite immédiatement dans la trachée, la dimension des poumons s'augmente proportionnellement et empêche la formation d'un vide quelconque entre les deux couches de la plèvre. Quand le diaphragme cesse de se contracter, la partie de force élastique du poumon qui était neutralisée entre en action et l'excès d'air introduit est expulsé.

Nous avons eu, en somme, une inspiration et une expiration.

Supposez d'un autre côté que, le diaphragme étant en repos les muscles intercostaux externes se contractent : les côtes se relèveront de leur position oblique, les dimensions antéro-postérieures de la cavité thoracique s'accroîtront et les poumons se dilateront comme auparavant, pour combler la dilatation. Si maintenant les intercostaux externes se relâchent, l'action de la pesanteur sur les côtes et l'élasticité du poumon suffiront seules pour ramener les côtes à leur première position et pour chasser l'air en excès. Mais cet acte inspiratoire peut être considérable-

ment secondé par la contraction des intercostaux internes.

18. On voit par là que la respiration peut être *diaphragmatique* ou *costale*. En règle générale cependant, les deux formes de la respiration coïncident et s'aident mutuellement; la contraction du diaphragme s'opère en même temps que celle des intercostaux externes, et son relâchement a lieu simultanément avec la contraction des intercostaux internes; mais divers agents accessoires entrent ici en jeu. Ainsi les muscles qui unissent les côtes aux parties de l'épine vertébrale qui sont au-dessus d'elles et, d'autre part, à l'épaule peuvent aider l'inspiration avec plus ou moins de force, tandis que les muscles qui unissent les côtes et le sternum au bassin et constituent les parois antérieures et latérales de l'abdomen sont de puissants agents pour l'expiration; ils la favorisent en effet de deux manières : directement, en abaissant les côtes, indirectement, en poussant les viscères de l'abdomen vers le haut contre la surface inférieure du diaphragme et en soulevant ainsi la base de la poitrine.

C'est pour cela que quand on fait un violent effort expiratoire, les parois de l'abdomen sont visiblement aplaties et poussés vers l'épine, tandis que le corps se penche en avant.

D'un autre côté, si l'on fait une profonde inspiration, les parois de l'abdomen peuvent se relâcher et prendre une forme convexe, si les viscères sont poussés en bas par la descente du diaphragme; l'épine se redresse, la tête se rejette en arrière et les épaules en dehors, de façon à donner les plus grands avantages mécaniques à tous les muscles qui peuvent élever les côtes.

Toutefois on peut encore obtenir de profondes inspirations par d'autres procédés musculaires dont la description serait trop longue.

19. C'est un fait remarquable que le mécanisme de la respiration soit quelque peu différent dans les deux sexes. Chez les hommes, le diaphragme joue le rôle le plus important, les côtes supérieures se mouvant relativement très-peu; chez les femmes, au contraire, l'acte respiratoire est en grande partie le résultat du mouvement des côtes.

Le *soupir* est une inspiration profonde et prolongée. Le *reniflement* est un acterespiratoire plus rapide, dans lequel la bouche est fermée et l'air passe à travers le nez.

La *toux* est une violente expiration; une profonde inspiration s'opère d'abord, la glotte est fermée et s'ouvre ensuite tout à coup par la violente compression de l'air contenu dans les poumons, compression produite par la contraction des muscles expiratoires pendant que le diaphragme est relâché et que l'air est expulsé à travers la bouche. Dans l'*éternument*, au contraire, la cavité buccale se sépare du pharynx par le rapprochement de la base de la langue et des parties molles du palais, l'air s'ouvrant passage à travers les cavités nasales.

20. On voit que le thorax, les poumons et la trachée forment une sorte de soufflet sans valvule, dans lequel le thorax et les poumons représentent le corps du soufflet et la trachée le tuyau ; que l'effet du mouvement respiratoire est le même que celui qui résulte du rapprochement et de l'éloignement des poignées du soufflet. Il y a cependant entre le soufflet et l'appareil respiratoire une différence très-importante quoique fréquemment négligée; c'est que les plateaux du soufflet peuvent être rapprochés de façon à chasser tout ou presque tout l'air qu'il contient, tandis que les parois de la poitrine aussi rapprochées que possible comprennent néanmoins une cavité assez grande (fig. 24, B), de sorte que même après l'effort expiratoire le plus violent il reste dans les poumons une grande quan-

tité d'air. Cette quantité d'air de *résidu* est d'environ 12 ou 16 cents centimètres cubes. Une quantité d'air à peu

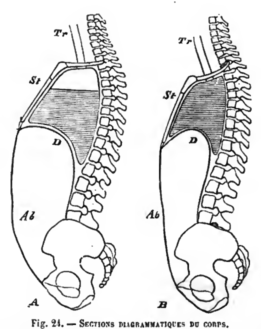


Fig. 24. — Sections diagrammatiques du corps.

A, dans l'inspiration; B, dans l'expiration; Tr, trachée; St, sternum; D, diaphragme; Ab, parois abdominale; les régions ombrées indiquent à peu près la région où l'air stationne.

près égale reste dans la poitrine après une expiration ordinaire et est appelée air *supplémentaire*.

Dans la respiration habituelle il entre et il sort du poumon de 320 à 480 centimètres cubes de l'air que l'on peut appeler *air courant* (*tidal air*) ; il s'ensuit qu'après une inspiration ordinaire le poumon peut contenir 1600 + 1600 + 480 = 3680 centimètres cubes. En prenant une inspiration aussi profonde que possible, on peut ajouter à

cette quantité 1600 centimètres cubes d'air en plus que nous nommerons air *complémentaire*.

21. Il résulte de ces chiffres que les poumons, après une inspiration ordinaire, contiennent environ 3680 centimètres cubes d'air et que l'expiration et l'inspiration qui suivront ne chasseront d'abord pour reprendre ensuite, que la septième ou la huitième partie de ce volume. Si l'on met un moment de côté cette considération que l'air frais inspiré doit remplir les cavités de la région postérieure de la bouche, la trachée et les bronches, on trouve que, si les poumons n'étaient que des sacs fixés à l'extrémité des bronches, l'air inspiré ne descendrait que pour remplir la quatorzième ou la seizième partie de chaque poumon, dans le voisinage des bronches d'où cet air serait de nouveau chassé à l'expiration suivante. Mais comme ces bronches se subdivisent en un nombre prodigieux de tubes bronchiques, l'air inspiré pénètre bien à une certaine distance de leur parcours, mais n'arrive jamais directement aux cellules aériennes.

Ainsi l'air de résidu et l'air supplémentaire, pris dans leur ensemble, forment d'ordinaire l'air *stationnaire*, c'est-à-dire que l'air désigné sous ces noms dépasse à peine certaines limites dans les conduits bronchiques, et la poitrine se dilate et se resserre sans qu'il quitte les poumons ; l'air *courant* (*tidal air*) seul, s'échappe et se renouvelle dans la respiration ordinaire.

Il est donc évident que les actes chimiques de la respiration sont exécutés essentiellement par l'air stationnaire, qui joue le rôle d'intermédiaire entre deux parties, le sang, d'une part, et l'air frais de *courant* d'autre part, qui éprouvent le besoin de faire un échange mutuel d'acide carbonique pour de l'oxygène et d'oxygène pour de l'acide carbonique.

Mais rien n'est interposé entre l'air frais et l'air stationnaire; ce sont deux fluides aériformes en contact et en parfaite continuité; un échange doit donc s'accomplir entre eux conformément aux lois ordinaires du mélange des gaz.

22. C'est donc certainement l'air qui se trouve stationnaire dans les cellules du poumon qui fournit l'oxygène au sang et en reçoit l'acide carbonique, bien que la façon dont cet échange s'effectue ne soit pas parfaitement connue. Cet air se charge donc d'acide carbonique et s'appauvrit d'oxygène dans des proportions qui ne sont pas exactement déterminées. Mais il doit offrir un excès d'acide carbonique et un défaut d'oxygène beaucoup plus marqués que l'air inspiré, puisque celui-ci prend les mêmes proportions dans le court espace de temps (quatre ou cinq secondes) pendant lequel il est en contact avec l'air stationnaire.

On trouve, en accord avec ces faits, que l'air rendu pendant la première moitié d'une expiration contient moins d'acide carbonique que l'air expiré pendant la seconde moitié. De plus, quand on augmente la fréquence des inspirations sans en augmenter le volume, quoique la proportion d'acide carbonique de chaque expiration soit diminuée, elle ne l'est point dans la même mesure que le nombre des inspirations est augmenté : il suit de là qu'en définitive la quantité d'acide carbonique rendu dans un temps donné est augmentée.

Si par exemple le nombre des inspirations est porté de 15 à 30 par minute, la proportion d'acide carbonique rendue dans le second cas est de plus du double de ce qu'elle était dans le premier cas; en conséquence une plus grande quantité est, au total, évacuée.

23. Parmi les différents agents mécaniques de la respiration dont nous avons jusqu'à présent montré la nature

et l'action, l'un, l'élasticité du poumon (§ 14), a le caractère d'une force aveugle et constante. Mais les autres parties de l'appareil sont sous la direction du système nerveux et leur action varie de temps à autre.

Comme les cavités nasales ne peuvent pas être fermées par leur action spontanée, l'air a toujours un libre accès au pharynx ; mais la glotte ou l'entrée du conduit de l'air est tout à fait placée sous le contrôle du système nerveux ; la plus légère irritation de la membrane muqueuse de son voisinage est transmise par les nerfs à cette portion de l'axe cérébro-spinal qui s'appelle *moelle allongée* (voy. leçon XI, § 16). La moelle allongée ainsi excitée détermine — à l'aide d'un procédé qui sera expliqué ultérieurement et qui porte le nom d'action réflexe — la contraction des muscles qui ferment la glotte, et souvent, en même temps, la contraction violente des muscles expirateurs qui produisent la toux (§ 19).

Les fibres musculaires des plus petits tubes bronchiques aussi bien que la *pompe respiratoire* elle-même formée par les parois et la base du thorax sont sous le contrôle absolu des nerfs qui se rendent aux muscles et qui sont mis en mouvement à la suite des impressions transmises à cette partie du cerveau que l'on appelle la moelle allongée, par le pneumo-gastrique et les autres nerfs.

24. D'après ce qui précède, on peut voir qu'il y a de nombreuses analogies entre l'appareil circulatoire et l'appareil respiratoire. Chacun d'eux consiste essentiellement en une sorte de pompe qui distribue un fluide (gazeux ou liquide) à travers une série de tubes distributeurs ramifiés à un système de cavités (capillaires ou cellules d'air), dont la capacité est plus grande que celle des tubes.

Dans l'un et l'autre cas, c'est *la pompe* qui détermine le mouvement du fluide, quoique ce mouvement puisse être

réglé localement par la contraction ou le relâchement des fibres musculaires contenues dans les parois des tubes distributeurs. Mais tandis que le mouvement rhythmé du cœur dépend principalement d'un appareil nerveux intrinsèque, celui de l'appareil respiratoire résulte surtout de l'action d'un centre nerveux situé dans la moelle allongée.

25. De même qu'il y a certains phénomènes secondaires qui accompagnent l'action du cœur et en reçoivent l'explication, de même certains phénomènes semblables sont liés à l'activité de l'appareil respiratoire. Ce sont : *a*) les bruits respiratoires, et, *b*) les effets des mouvements inspirateurs et expirateurs sur la circulation.

26. Les *bruits respiratoires* peuvent s'entendre quand on applique l'oreille sur un point quelconque de la portion de la poitrine qui recouvre l'un ou l'autre poumon. Ils accompagnent l'inspiration et l'expiration et ressemblent beaucoup aux sons que l'on peut produire en respirant par la bouche quand les lèvres sont appliquées de façon à laisser un petit espace ouvert. Sur la région des bronches les sons sont plus forts que sur les autres points de la surface. Ces bruits sont produits par le passage de l'air le long de ses conduits.

27. En conséquence de l'élasticité des poumons, une certaine force doit être employée pour les dilater, et l'expérience montre que cette force doit être d'autant plus grande que le poumon est plus dilaté ; il faut une force plus considérable pour maintenir un morceau de caoutchouc étendu de beaucoup que pour le tenir étendu de peu. Il suit de là que quand on fait une inspiration et que les poumons sont remplis d'air, le cœur et les gros vaisseaux sont soumis à une pression moindre que celle qui s'exerce sur les vaisseaux sanguins des autres parties du corps.

En effet, la pression de l'air à l'intérieur des poumons est exactement égale à celle qui est exercée par l'atmosphère sur la surface du corps, c'est-à-dire à un peu plus de 1 kilogramme par centimètre carré. Mais une partie de la pression exercée dans les poumons est neutralisée par la force élastique de cet organe dilaté. Supposons qu'à l'état d'inspiration, la quinzième partie de cette pression soit nécessaire pour surmonter l'effort de l'élasticité, la conséquence en sera que la pression du sang sur le cœur et les gros vaisseaux sera moindre d'un quinzième par chaque centimètre carré que sur les autres veines et les artères du reste du corps. S'il n'y avait point de valvules pulmonaires ni aortiques, et si la structure de ces vaisseaux et la pression du sang étaient partout les mêmes, le résultat de cet excès de pression sur la plus grande partie de la surface du corps serait de chasser le sang de toutes ses parties, artères et veines, vers le cœur et les gros vaisseaux contenus dans la poitrine. Et ainsi la diminution de pression sur les cavités sanguines thoraciques, diminution produite par l'inspiration, produirait une aspiration de tout le sang de l'économie vers le thorax. Mais l'aspiration exercée de la sorte, tout en hâtant le cours du sang dans les veines vers le cœur, s'opposerait avec une force égale au cours du sang du cœur dans les artères et les deux actions se neutraliseraient.

En résumé, nous savons positivement :

1) Que le sang dans les grosses artères se trouve constamment sous une pression considérable exercée par leurs parois élastiques, tandis que celui des veines ne supporte que peu ou point de pression, leurs parois n'ayant que peu d'élasticité.

2) Que les parois des artères sont fortes et résistantes, tandis que celles des veines sont faibles et flasques.

3) Que les veines ont des valvules qui se dirigent vers le cœur; et que, d'une part, pendant la diastole, il n'y a à aucun moment un obstacle quelconque au libre passage du sang dans le cœur, tandis que, d'autre part, la cavité des artères est séparée de celle des ventricules, pendant la diastole, par l'occlusion des valvules semi-lunaires.

Il suit de là que des pressions égales appliquées à la surface des artères et à celle des veines doivent produire des effets très-différents. Dans les veines, la pression est une force qui n'agissait pas à un moment antérieur à celui où elle commence; et en partie à cause de l'existence des valvules, en partie à cause du défaut de résistance du cœur, en partie à cause de la résistance des capillaires, elle tend à accélérer le cours du sang *vers* le cœur; dans les artères, la pression est seulement une fraction de force qui s'ajoute à celle qui existait auparavant, de sorte que pendant la systole elle ne produit qu'une augmentation relativement petite à la résistance qui doit être surmontée par le ventricule gauche, et pendant la diastole elle s'ajoute à l'élasticité des parois artérielles, en chassant le sang en dedans vers les capillaires — d'autant plus que tout mouvement dans une direction opposée est arrêté par les valvules semi-lunaires.

C'est pourquoi il est clair que les mouvements inspiratoires aident le cœur, d'autant plus que leur résultat général est de ramener le sang vers cet organe qui doit le lancer de nouveau.

28. Dans l'expiration, la différence entre la pression atmosphérique sur la surface du corps et celle qui s'exerce sur le contenu du thorax à travers les poumons diminue d'autant plus que l'expiration est plus complète. Quand, par l'élévation du diaphragme et l'abaissement des côtes, la cavité du thorax est resserrée au point qu'une pression

se fait sentir sur les gros vaisseaux, les veines en sont spécialement affectées à cause de la finesse de leurs parois, et le cours du sang dans leur cavité peut s'en trouver interrompu de façon à donner lieu aux pouls veineux dans les grosses veines du cou. Dans ses effets sur les troncs artériels, l'expiration de même que l'inspiration est dans son ensemble favorable à la circulation, l'augmentation de la résistance des valvules du cœur pendant la systole ventriculaire étant plus que contre-balancée par l'avantage ajouté à la réaction élastique des parois artérielles par la pression expiratoire.

Quand le crâne d'un animal vivant est ouvert et que le cerveau est mis à nu, on voit la substance cérébrale s'élever et s'abaisser en même temps que les mouvements respiratoires. L'élévation correspond à l'expiration.

29. Jusqu'à présent j'ai supposé que les conduits de l'air étaient librement ouverts pendant les mouvements d'inspiration et d'expiration. Mais si, les poumons se trouvant dilatés, on ferme la bouche et le nez et que l'on fasse alors un mouvement expiratoire violent, le mouvement du cœur peut être entièrement arrêté, et cette expérience n'est pas sans quelque danger. Le même résultat se produit si les poumons étant partiellement évacués, la bouche et le nez étant clos, on fait un énergique effort inspiratoire. Dans le dernier cas, l'excessive distension du côté droit du cœur en conséquence de l'afflux du sang peut être la cause de l'arrêt de l'action du cœur, mais dans le premier cas la raison de l'arrêt du cœur n'est pas parfaitement claire.

30. L'activité des mouvements respiratoires est très-modifiée par les circonstances au sein desquelles le corps est placé. C'est ainsi que le froid augmente beaucoup la quantité d'air inspirée, d'oxygène absorbé et d'acide car-

bonique expulsé. L'exercice et l'alimentation ont un résultat analogue.

Eu égard au poids du corps, l'activité de la respiration est beaucoup plus grande chez les enfants et diminue graduellement avec l'âge.

L'excrétion d'acide carbonique est plus grande pendant le jour et diminue graduellement le soir ; elle atteint son maximum au milieu de la nuit ou peu après.

Des observations récentes paraissent établir que la règle : la quantité d'oxygène absorbée pendant l'inspiration est approximativement égale à celle qui est rejetée par l'expiration, n'est vraie que pour le résultat total de vingt-quatre heures de respiration. Il paraît que durant le jour il sort beaucoup plus d'oxygène (en combinaison avec le carbone, sous forme d'acide carbonique) qu'il n'en entre, tandis que pendant la nuit on absorbe plus d'oxygène que l'on n'en excrète sous forme d'acide carbonique pendant une période égale de temps. Il est très-probable que cette déperdition d'oxygène vers la fin de la journée est l'une des causes du sentiment de lassitude qui survient à ce moment.

La quantité d'oxygène qui disparaît, eu égard à la quantité d'acide carbonique qui est rendue, est plus grande chez les carnivores que chez les herbivores, plus grande chez l'homme qui se nourrit de viande que chez celui qui se nourrit de végétaux.

31. Quand un homme est étranglé, noyé, étouffé ou empêché d'une façon quelconque d'inspirer ou d'expirer un air atmosphérique suffisamment pur, ce que l'on appelle l'*asphyxie* se produit ; la face bleuit, les veines se gonflent, l'insensibilité, souvent accompagnée de mouvements convulsifs, se déclare et il meurt en peu de minutes.

Mais dans ces procédés d'asphyxie deux influences de

nature distincte coopèrent ; l'une est la *privation d'oxygène;* l'autre est l'accumulation excessive d'acide carbonique dans le sang. La privation d'oxygène et l'empoisonnement par l'acide carbonique qui isolément pourraient être mortelles agissent de concert.

Les effets de la privation d'oxygène peuvent être étudiés isolément en plaçant un petit animal sous la cloche d'une machine pneumatique et en faisant le vide. Dans ce cas, il ne se produit pas d'accumulation d'acide carbonique, mais la provision d'oxygène devient insuffisante et l'animal meurt rapidement; si l'expérience est faite d'une autre façon, en plaçant un petit oiseau ou mammifère dans une atmosphère dont on enlève l'acide carbonique aussitôt qu'il se forme, l'animal mourra néanmoins aussitôt que la proportion d'oxygène sera réduite à 10 pour 100 à peu près.

Les effets directement toxiques de l'acide carbonique ont été, d'un autre côté, très-exagérés. Une très-grande quantité d'acide carbonique (10, 15 ou 20 pour 100) peut être contenue dans l'air sans produire aucun effet sérieux immédiat, si l'on augmente simultanément la quantité d'oxygène ; il est même possible que ce qui semble être directement le résultat d'un empoisonnement par l'acide carbonique ne tient réellement qu'à ce que ce gaz prend la place qui devrait être occupée par l'oxygène. Dans ce cas, l'acide carbonique est plutôt un poison négatif que positif.

Mais, quel que soit le plus puissant de ces deux agents, leur effet, combiné dans l'asphyxie, produit d'abord une obstruction dans la circulation pulmonaire et secondement dans les veines du corps en général. En conséquence, les poumons et le côté droit du cœur sont gorgés de sang, tandis que les artères et le côté gauche se vident graduellement de la petite quantité de sang noir et sans air qui

leur est fournie. Le cœur se paralyse en partie à cause de la distension de son côté droit, en partie parce qu'il ne reçoit que du sang veineux; graduellement tous les organes du corps cessent d'agir.

32. L'hydrogène sulfuré, dont on connaît si bien l'odeur désagréable, a eu longtemps la réputation d'être un poison actif. Mais ses mauvais effets semblent dépendre principalement, sinon entièrement, de ce que son hydrogène se combine avec l'oxygène transporté par les globules du sang, de façon à donner lieu, indirectement, à la privation d'oxygène.

Le gaz oxyde de carbone a des effets beaucoup plus sérieux, puisqu'il chasse l'oxygène des globules du sang et forme une combinaison spéciale avec l'hémoglobuline. Le composé ainsi formé est graduellement décomposé par de l'oxygène frais; mais si une grande quantité de globules sanguins a été de la sorte rendue inutile, l'animal meurt avant que la reconstitution des globules ait pu s'opérer.

Le gaz d'éclairage mal fait contient quelquefois 20 ou 30 pour 100 d'oxyde de carbone; en pareil cas, une fuite de gaz dans une maison pourrait être extrêmement dangereuse.

33. Cependant, pour asphyxier un homme il n'est pas absolument nécessaire de l'étrangler ou de le noyer. Toutes choses étant égales, comme la rapidité du mélange de deux composés gazeux est en raison de la différence des proportions selon lesquelles elles sont mêlées, il s'ensuit que plus la composition de l'air *courant* s'approche de celle de l'air stationnaire, plus sera lente la diffusion de l'acide carbonique à l'extérieur et de l'oxygène à l'intérieur, et plus les cellules pulmonaires seront remplies d'acide carbonique en excès, tandis que l'oxygène y sera en proportion

insuffisante. En augmentant la proportion d'acide carbonique dans l'air courant, on arrivera à un point où le changement qui s'effectuerait dans l'air stationnaire serait trop lent pour dégager l'air du poumon de son acide carbonique et lui fournir la quantité d'oxygène dont il a besoin pour être *artérialisé*. En ce cas, le sang qui passe dans l'aorte et est de là distribué au cœur et au corps en général, étant veineux, tous les signes de l'insensibilité, la perte de pouvoir musculaire et tout le cortége des symptômes qui ont été énumérés plus haut comme les conséquences de l'abord du sang veineux au cerveau et aux muscles se présentera et une période de suffocation ou d'asphyxie surviendra.

34. L'asphyxie se produit dès que la proportion d'acide carbonique dans l'air courant atteint 10 pour 100 (la diminution de l'oxygène se faisant dans la même proportion). Ni l'augmentation de la quantité d'acide carbonique dans l'air inspiré par l'interruption de tout courant d'air extérieur, ni l'augmentation du nombre des personnes qui consument le même air, ni la combustion sous une forme quelconque, c'est-à-dire la combinaison de l'oxygène et du carbone, n'introduisent une différence quelconque dans cette proportion.

Mais la privation d'oxygène et l'accumulation de l'acide carbonique sont nuisibles à l'organisme longtemps avant que le point d'asphyxie soit atteint. Un malaise profond et des maux de tête se montrent même dès que moins de 1 pour 100 de l'oxygène de l'air est remplacé par d'autres substances; la respiration persistante d'un tel air tend à abaisser tous les genres d'activité vitalé et prédispose à la maladie.

De là la nécessité d'une quantité d'air suffisante et de la ventilation pour tout être humain. Pour respirer un air qui

soit dans un état de pureté suffisant, chaque homme doit avoir au moins 22 mètres cubes pour lui seul d'un espace librement accessible à l'air atmosphérique, directement ou indirectement. Une chambre de $2^{m},50$ en tout sens ne mesure que $15^{mc},60$ d'air. Il faut donc habiter une chambre qui a au moins 3 mètres par personne pour être dans de bonnes conditions.

LEÇON V

SOURCES DE DÉPERDITIONS ET D'ACQUISITIONS PAR LE SANG.

1. Le sang qui a été artérialisé, c'est-à-dire soumis à l'action de l'air à l'aide des procédés décrits dans la leçon précédente, est transporté, par les veines pulmonaires, des poumons à l'oreillette gauche ; de là il est lancé par l'oreillette dans le ventricule et du ventricule dans l'aorte. A mesure que les gros vaisseaux descendent le long du thorax, ils donnent naissance à plusieurs grosses artères, à l'aide desquelles le sang est distribué à la tête, aux bras et aux parois du corps. Passant à travers le diaphragme, le tronc aortique entre dans la cavité de l'abdomen et devient ce qu'on appelle l'*aorte abdominale*, d'où les vaisseaux sont distribués aux viscères de l'abdomen. Enfin le courant principal du sang coule dans les artères iliaques qui alimentent les viscères du bassin et les jambes.

Après avoir parcouru les plus petites ramifications artérielles, le sang, ainsi que nous l'avons vu, entre dans les capillaires. Là les produits de décomposition des tissus le pénètrent incessamment; et comme le sang est partout

rempli de globules qui, ainsi que tous les éléments vivants, vieillissent et meurent, le résultat de leur décomposition s'y accumule. Il s'ensuit que le sang, pour être maintenu dans un certain état de pureté, doit se débarrasser constamment des matériaux usés qui sont sans cesse ajoutés à sa masse ou qui prennent naissance dans son sein. C'est ce que l'on appelle l'*excrétion*.

2. Trois genres distincts d'organes sont spécialement chargés de la fonction d'excréter continuellement l'acide carbonique, l'eau et l'urée. Ce sont les *poumons*, les *reins* et la *peau* (voy. I, § 23). C'est pourquoi ces trois grands appareils organiques peuvent être considérés comme des moyens de drainage du sang, c'est-à-dire comme autant de canaux par lesquels il perd incessamment une partie de sa substance.

En outre, à mesure que le sang traverse les capillaires, il perd en permanence des matériaux qui se répandent dans les tissus environnants.

Un autre genre de perte se produit à la surface du corps en général et à l'intérieur du corps à la surface des conduits de l'air et des poumons. La chaleur s'échappe sans relâche de la surface du corps par radiation, évaporation et conductibilité; des poumons par évaporation principalement.

3. Le sang qui entre dans le foie abandonne toujours des substances à cet organe; mais cette perte n'est que temporaire, car presque toutes les substances introduites, converties en sueur et en bile, rentrent dans le courant de la circulation, dans le foie lui-même ou ailleurs.

En outre, la perte de substance faite par les poumons dans l'expiration est partiellement compensée par le profit non moins constant qui résulte de la quantité d'oxygène absorbée à chaque inspiration, tandis que la combustion

qui s'opère dans les tissus à l'aide de cet oxygène est la source non-seulement de la chaleur qui est exhalée par les poumons, mais encore de celle qui est enlevée de la surface générale du corps. Enfin la perte par exsudation des capillaires est jusqu'à un certain point compensée par le profit de l'apport des lymphatiques et des glandes en culs-de-sacs.

4. Dans les exemples que nous venons de donner, la perte et le gain sont incessants et continuent aussi longtemps que la vie et la santé subsistent. Mais il y a certaines autres opérations qui déterminent une perte ou un gain pour le sang et qui ne sont point incessantes, c'est-à-dire qui ne s'exécutent qu'à certains intervalles.

Pour la perte, ce sont les actes de plusieurs glandes sécrétoires qui séparent certaines substances du sang à des périodes régulières et qui, dans l'intervalle, sont en repos.

Pour le gain, ce sont : 1° la contraction des muscles, qui pendant leur activité font pénétrer dans le sang une grande quantité de matériaux usés, et 2° les fonctions du tube digestif, qui pendant un certain temps après le repas introduisent dans le sang de nouveaux matériaux.

Dans quelques cas, la peau, en absorbant certaines substances, peut devenir une source de gains.

5. Les sources de pertes et de gains pour le sang peuvent être commodément classées sous forme de tableau ainsi qu'il suit :

A. Sources constamment actives de pertes ou de gains pour le sang [1].

a) SOURCE DE PERTES.

I. *Perte de matériaux.*
1. Les poumons.
2. Les reins.
3. La peau.
4. Le foie.
5. Les tissus en général.

II. *Perte de chaleur.*
Les surfaces libres du corps.

b) SOURCES DE GAINS.

I. *Gain de matériaux.*
1. Les poumons.
2. Le foie.
3. La rate, les glandes en culs-de-sac et le système lymphatique.
4. Les tissus en général.

II. *Gain de chaleur.*
Le sang lui-même et les tissus en général.

B. Sources intermittentes de pertes ou de gains pour le sang.

a) SOURCES DE PERTES.
Plusieurs glandes sécrétantes.

b) SOURCES DE GAINS.
1. Les muscles.
2. Le canal alimentaire.
3. La peau.

[1] Il faut avoir soin de ne pas confondre les pertes et les gains *du*

6. Dans la leçon précédente j'ai décrit les opérations à l'aide desquelles les poumons d'une part enlèvent au sang beaucoup d'acide carbonique et d'eau, plus une petite quantité d'urée et, d'autre part, lui fournissent de l'oxygène. Examinons maintenant la seconde source de perte incessante, les REINS.

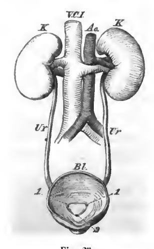


Fig. 25.

Les reins (*k*); les uretères (*Ur*); l'aorte (*Ao*); la veine cave inférieure (*VCI*); et les artères et veines rénales. *Bl*, la vessie dont le dessus est enlevé de manière à montrer l'ouverture des uretères (1, 1) et celle de l'urèthre (2).

Ces organes, au nombre de deux, sont placés au fond de la cavité abdominale, un de chaque côté de la région lombaire de l'épine dorsale. Chacun d'eux a la même forme

sang avec les pertes et les gains du corps dans son ensemble. Ces deux catégories diffèrent à peu près de la même façon que le commerce intérieur d'un pays diffère de son importation et exportation.

que les *rognons* d'un mouton, mais est un peu plus gros. Le côté déprimé ou concave est tourné en dedans ou vers l'épine; le côté convexe est tourné en dehors (fig. 25). Au milieu du côté concave (appelé le hile) de chacun des reins un long tube de petit diamètre, l'uretère (*Ur*), se dirige vers la vessie (*Bl*).

La vessie, située dans le bassin, est un sac ovale dont les parois contiennent de nombreuses fibres musculaires non striées, tandis qu'elle est tapissée à l'intérieur par une membrane muqueuse et revêtue à l'extérieur par le péritoine. Les uretères s'ouvrent côte à côte, mais à une petite distance l'un de l'autre, sur la paroi postérieure et inférieure de la vessie (fig. 25, 1, 1). Au-devant d'eux se trouve un orifice simple qui conduit au canal appelé l'*urèthre* (fig. 25, 2), par lequel la cavité de la vessie est mise en communication avec l'extérieur du corps. L'orifice des uretères pénètre obliquement dans les parois de la vessie, de sorte qu'il est beaucoup plus facile aux liquides de passer des uretères dans la vessie que dans l'autre sens, de la vessie aux uretères.

Au point de vue mécanique, il y a peu d'obstacles au libre passage des liquides des uretères dans la vessie, de la vessie dans l'urèthre et de là à l'extérieur. Mais quelques fibres musculaires, arrangées en cercle autour de la région appelée le *col* de la vessie, où se trouve l'ouverture de l'urèthre, constituent ce qu'on appelle un *sphincter* et sont d'ordinaire, pendant la vie, en état de contraction, de façon à fermer l'ouverture pendant que d'autres fibres musculaires sont relâchées.

C'est seulement par intervalles que cet état de choses est changé ; lorsque les parois de la vessie se contractent pendant que le sphincter se relâche, son contenu, l'urine, est évacué. Mais quoique l'expulsion de la sécrétion des

reins soit intermittente, cette sécrétion est constante et l'urine coule, goutte à goutte, de l'orifice des uretères dans la vessie; il s'y accumule jusqu'à ce que sa quantité soit suffisante pour donner lieu à des sensations de malaise qui forcent à l'expulser.

7. L'excrétion par les reins de résidus azotés et d'eau avec un peu d'acide carbonique est ainsi strictement comparable à celle d'acide carbonique et d'eau avec un peu d'urée par les poumons, dont les cellules servent de lieu d'accumulation incessant pour l'acide carbonique et la vapeur d'eau qui en sont périodiquement expulsés par l'acte de l'expiration. Mais les opérations de l'appareil rénal diffèrent de celles des organes respiratoires par l'intervalle beaucoup plus long qu'elles comprennent entre les actes expulsifs, et plus encore par cette circonstance que, tandis que la matière que les poumons absorbent du dehors est aussi importante que celle qu'ils chassent, les reins n'absorbent rien.

8. La sécrétion rénale a naturellement une réaction acide et consiste en *urée*, *acide urique* et quelques autres produits divers de moindre importance, y compris certaines matières colorantes; en outre, des substances salines et gazeuses s'y rencontrent tenues en suspension dans une grande quantité d'eau.

La quantité et la composition des urines varient énormément selon le moment du jour, la température et l'humidité de l'air, l'état de jeûne ou de plénitude du canal alimentaire et la nature des aliments.

L'urée et l'acide urique sont tous deux composés des éléments carbone, hydrogène, oxygène et azote. Mais l'urée est beaucoup plus soluble dans l'eau, et sa quantité excède beaucoup celle de l'acide urique.

Un homme d'une bonne santé moyenne excrète environ

1500 grammes d'eau chaque jour; dans cette quantité d'eau se trouve dissous 30 grammes d'urée, mais pas plus de 6 grammes d'acide urique. La quantité totale des autres substances organiques varie du tiers de celle de l'urée à une quantité égale. Les substances salines consistent principalement en sel de cuisine, phosphates et sulfates de potasse, de soude, de chaux et de magnésie. Les gaz sont les mêmes que ceux du sang, savoir : l'acide carbonique, l'oxygène et l'azote; leur proportion est de moins d'un tiers de celle que contient une quantité égale de sang; le volume d'acide carbonique est considérable, celui de l'oxygène fort petit.

Le poids spécifique de l'urine, enfin, ne diffère pas beaucoup de celui du sérum du sang : il est égal à 1,020.

9. On remarquera que les parties constituantes de l'urine sont déjà contenues dans le sang, et rigoureusement on peut dire que l'urine est du sang privé de ses globules, de sa fibrine et de son albumine. En termes généraux, l'urine est un liquide tel, qu'il peut être séparé du sang par un filtre quelconque qui aurait la propriété de retenir ses éléments et de laisser passer le reste. Le filtre en question est représenté par les reins, dont il importe maintenant de faire connaître la structure intime.

Si l'on pratique sur un rein une section longitudinale (fig. 26), l'extrémité supérieure de l'uretère (U) semble s'ouvrir dans une cavité qui ressemble à un bassin et que l'on appelle *bassinet*. Dans ce bassinet s'élèvent des éminences coniques appelées *pyramides* (Py) et leur sommet présente une multitude de petites ouvertures, terminaisons finales des petits tubes (*tubuli*) qui constituent la substance principale des reins. Si l'on suit les tubuli de leur ouverture à la surface extérieure, on les trouve d'abord réunis en faisceaux parallèles, qui s'irradient vers la

surface et se subdivisent à mesure qu'ils s'y dirigent; mais à la fin ils se subdivisent irrégulièrement et s'entrelacent; de là la différence d'aspect que l'on remarque entre la partie centrale dite *tubuleuse* du rein et la partie externe dite *corticale;* en outre, la partie corticale est plus abondamment pourvue de vaisseaux que la tubuleuse, —

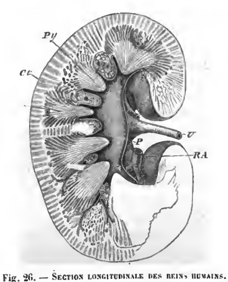


Fig. 26. — Section longitudinale des reins humains.
C, substance corticale; N, substance tubulaire; M, substance médullaire P, bassinet; U, uretère; RA, artère rénale.

et offre en conséquence une couleur plus foncée. La grande majorité des tubules se terminent à la fin en dilatations (fig. 27) que l'on appelle *capsules*. Au sommet de chaque capsule entre un petit vaisseau (fig. 27), qui est l'une des branches terminales de l'artère rénale (fig. 26, R A). Ce vaisseau pousse devant lui les parois très-minces de la capsule et se subdivise immédiatement en une petite masse

de capillaires en grappe appelée *glomérules de Malpighi* (*glomerulus*) (fig. 27), qui remplissent à peu près la cavité de la capsule. Le sang est enlevé du glomérule par une petite veine (*g*) qui ne se réunit pas tout d'un coup à d'autres veines en troncs veineux plus gros, mais s'ouvre dans le

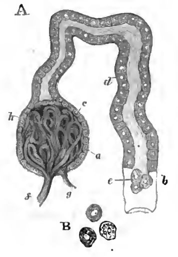


Fig. 27.

A, capsule rénale (*a*) avec le glomérule de Malpighi qu'elle contient (*h*) et le commencement du tubule (*b*) dans lequel il s'ouvre ; *c*, *d*, épithélium à sa place; *e*, épithélium détaché du tubule; *f*, l'artère; *g*, la veine; *h*, glomérule; B, l'épithélium grossi.

Grossissement d'environ 300 diamètres.

réseau de capillaires qui surmonte les tubuli et rappelle ainsi, sur une petite échelle, la circulation porte.

Chaque tubule a une couche épithéliale (*d*) continue avec celle du bassinet du rein et des conduits urinaires en général. Cet épithélium est assez épais et visible dans les tubuli, mais il est très-délicat et même disparaît dans la capsule et dans le mamelon.

10. D'après cette description il est évident d'un côté que la surface du glomérule est en réalité libre ou en communication directe avec l'extérieur par l'intermédiaire de la cavité du tubule; d'un autre côté, on voit que dans chacun des vaisseaux du glomérule un petit courant sanguin coule constamment, qui n'est séparé de la cavité du tubule que par la membrane très-délicate dont la paroi du vaisseau est faite. La capsule peut en effet être considérée comme un entonnoir et les parois membraneuses du glomérule comme un morceau très-mince de papier-filtre, dans lequel le sang est versé.

11. Le sang qui alimente les reins est apporté directement de l'aorte par les artères rénales, de sorte qu'il vient de quitter le cœur. Le sang veineux qui entre dans le cœur et est lancé dans les poumons est chargé de produits de décomposition azotés et autres; il ne perd qu'une partie inappréciable des premiers dans son passage à travers les poumons, de sorte que le sang artériel qui remplit l'aorte n'est purifié que des produits de décomposition *carbonés* et reste impur en ce sens qu'il contient encore l'urée et l'acide urique.

Dans l'état de santé, les parois des petites artères et veines rénales sont relâchées, de sorte que le passage du sang est très-facile et qu'une très-petite quantité de matériaux usés provenant des contractions musculaires de ces parois est lancée dans le sang rénal. Et comme l'urine qui est séparée du sang rénal contient proportionnellement moins d'oxygène et plus d'acide carbonique que le sang lui-même, une augmentation quelconque de l'acide carbonique du sang par cette source serait probablement compensée sur le champ. En conséquence, aussi longtemps que les reins accompliront leurs fonctions normalement, le sang qui quittera ces organes sera aussi rouge que celui

qui lui est parvenu par l'artère rênale; on peut dire rigoureusement que ce sang est le plus pur de l'organisme, car des analyses soigneusement faites ont prouvé qu'il contient une proportion sensiblement moindre d'urée et d'eau que celui du côté gauche du cœur. Cette différence est à coup sûr un résultat nécessaire de l'expulsion du liquide urinaire du sang à mesure qu'il traverse les reins.

Comme les veines rênales déversent directement leur contenu dans la veine cave inférieure (voy. fig. 25), il s'ensuit que le sang, dans la portion supérieure de cette veine est beaucoup moins impur ou veineux que celui qui est contenu dans la veine cave inférieure au-dessous des reins.

12. L'irritation des nerfs qui se distribuent aux parois des vaisseaux des reins a pour effet immédiat : 1° l'arrêt de l'excrétion de l'urine, et 2° la transformation du sang rénal en sang foncé et veineux. Le premier de ces effets semble s'expliquer par la diminution de pression sur les glomérules de Malpighi en raison de la diminution de volume des canaux qui s'y rendent. Le second effet est probablement en partie un résultat consécutif au premier, l'excrétion de l'acide carbonique par l'urine cessant avec la suppression de ce liquide; il résulte aussi, dans une grande mesure, de l'introduction de l'acide carbonique dans le sang rénal en conséquence du travail des muscles des petits vaisseaux et de la perte de substances qui en résulte.

13. Que la peau soit une source de déperdition incessante pour le sang, cela peut se prouver de diverses façons. Si le corps d'un homme ou au moins l'un de ses membres est enfermé dans un sac en caoutchouc plein d'air, on observera que cet air, analysé, a subi des changements du même genre que ceux qui s'accomplissent dans l'air introduit dans les poumons. En d'autres termes, cet air

perdra de l'oxygène et gagnera de l'acide carbonique; il se saturera d'une grande quantité de vapeur aqueuse qui se condensera sur les parois du sac et peut être enlevée par des tuyaux convenablement disposés; une petite quantité d'urée s'accumulera en outre sur la surface du membre ou du corps entier.

Habituellement l'eau n'apparaît pas à l'état liquide sur la surface de la peau et cette fonction reçoit le nom de transpiration *insensible*. Mais quand on prend un exercice énergique, ou sous l'influence de certaines émotions mentales, ou quand le corps est exposé à une atmosphère chaude et humide, la transpiration devient *sensible*, c'est-à-dire qu'elle se montre sous forme de gouttes disséminées à la surface de la peau.

14. La quantité de *sueur* ou transpiration varie beaucoup selon la température et les autres conditions de l'air et selon l'état du sang et du système nerveux. On estime en règle générale que la quantité d'eau excrétée par la peau est d'environ le double de celle qui, dans le même temps, est exhalée par les poumons. La quantité d'acide carbonique ne dépasse pas le trentième ou le quarantième de celle qui est expulsée par les poumons. La quantité précise d'urée n'est point connue. A l'état normal, la sueur est acide et contient des matières grasses, même lorsqu'elle est obtenue sans mélange des produits des glandes sébacées. Ordinairement la transpiration, quand elle se condense sur la peau, est mêlée aux sécrétions gazeuses de ces glandes; en outre, elle renferme des écailles provenant des couches externes de l'épiderme qui se réduisent constamment en poussière.

15. En analysant les procédés à l'aide desquels la sueur est éliminée, on doit se souvenir en premier lieu que la peau, alors même qu'il n'y aurait aucun organe glandu-

laire qui serait en rapport avec elle, se trouverait dans la situation d'une membrane modérément épaisse, perméable, interposée entre un liquide chaud, le sang, et l'atmosphère. Même dans les climats chauds, l'air est loin d'être complétement saturé de vapeur aqueuse ; et dans les climats tempérés il cesse d'être saturé au moment même où il vient en contact avec la peau dont la température offre d'ordinaire de 12 à 16° cent. au-dessus de la température de l'air.

Une vessie ne nous montre point d'ouvertures visibles; mais si elle est remplie d'eau et suspendue dans l'air, l'eau passera insensiblement à travers ses parois, et disparaîtra par évaporation. Or, par rapport au sang, la peau est comme une vessie pleine d'un liquide chaud.

Ainsi la transpiration doit, jusqu'à un certain point, s'échapper constamment à travers les parois de la peau ; mais on ne peut déterminer avec certitude quelle peut être la quantité totale de cette évaporation, parce qu'il existe une seconde source de transpiration, source très-importante, savoir les glandes de la sueur ou *sudoripares*.

16. Sur toute sa surface la peau présente de petites ouvertures qui sont les extrémités de canaux creusés dans l'épiderme; chacune de ces ouvertures se prolonge dans la direction de petits tubes d'environ 10 millièmes de millimètre de diamètre et 6 millimètres de longueur, creusés dans le derme; chaque tube est tapissé d'un épithélium continu avec l'épiderme. Ce tube se divise quelquefois, mais simple ou en branches, son extrémité ou ses extrémités internes sont en culs-de-sac et enroulées en une sorte de nœud entrelacé au milieu d'un réseau de capillaires (fig. 28, A).

Le sang de ces capillaires est donc séparé de la cavité des glandes sudoripares par leurs parois très-minces et

par celles du conduit glandulaire, parois qui réunies ne forment qu'une pellicule insignifiante, et cette organisation, quoique différente dans les détails, est semblable en principe à celle qui est réalisée dans les reins. Dans les reins, le vaisseau s'enroule avec la capsule de Malpighi, qui se termine par un tubule. Ici le tubule perspiratoire s'en-

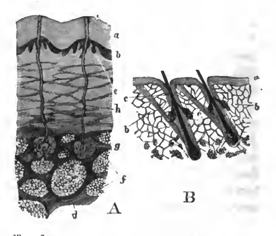


Fig. 28. — Section de la peau qui montre les glandes sudoripares.

a, l'épiderme; *b*, sa couche profonde ou réseau de Malpighi; *c d*, derme ou véritable peau; *f*, cellules graisseuses; *g*, extrémité enroulée des glandes sudoripares; *h*, ses conduits; *i*, son ouverture à la surface de l'épiderme. B, section de la peau qui montre les racines des poils et les glandes sébacées; *b*, muscles, et *c*, gaine d'un poil de la main gauche.

roule sur lui-même et parmi les vaisseaux. Dans les deux cas on arrive au même résultat, savoir l'exposition du sang à une large surface relativement libre, sur laquelle transsudent certains éléments de son contenu.

Le nombre de ces glandes varie dans les différentes parties du corps. Elles sont peu nombreuses dans le dos et sur le cou où leur nombre ne dépasse pas 60 par cen-

timètre carré; elles sont plus nombreuses à la région de la paume de la main et à la plante du pied où leurs orifices suivent des sillons visibles sur la peau et où leur nombre s'élève à environ 3 ou 400 par centimètre carré. Une estimation approximative de la quantité de ces orifices en porte le nombre à 2 millions ou 2 millions et demi pour toute la surface du corps. Ces conduits doivent donc posséder, pris en masse, une force d'excrétion très-considérable.

17. Les glandes de la sueur sont à un haut degré sous l'influence du système nerveux. C'est là un point établi non-seulement par les effets bien connus des émotions mentales qui parfois suppriment la transpiration et parfois la produisent en grande quantité, mais encore par des expériences directes qui ont été faites en vue de le démontrer. Il y a des animaux qui, tels que le cheval, transpirent abondamment : or, si l'on coupe le nerf grand sympathique d'un côté du cou, le même côté de la tête s'injectera de sang et sa température s'élèvera (voy. leçon II, § 24); en même temps la sueur se produit abondamment sur toute la surface affectée de la sorte. En irritant l'extrémité du nerf coupé qui est en rapport avec les vaisseaux, leurs parois musculaires auxquelles les nerfs se distribuent se contractent, la congestion cesse et avec elle la transpiration.

18. La grande quantité de substances que l'on peut perdre dans certaines circonstances par la transpiration est très-remarquable. L'action combinée de la chaleur et d'un travail énergique peut réduire le poids d'un homme de 2 ou 3 livres en une heure par la seule action de la transpiration; et, comme il y a des raisons pour croire que la quantité de substances solides enlevées du sang ne diminue pas avec l'augmentation de la quantité de sueur, la quantité d'urée

même éliminée par des sueurs abondantes peut être considérable.

La différence entre le sang qui vient de la peau et celui qui s'y rend ne peut être déduite que de la nature des substances expulsées par la transpiration; mais le sang artériel ne se transforme pas en sang veineux dans la peau.

19. Il sera maintenant instructif de comparer, plus à fond que nous ne l'avons fait dans la première leçon, les trois grands appareils,—les poumons, les reins et la peau, que nous avons décrits.

En dernière analyse anatomique, chacun de ces appareils consiste en une membrane organisée, humide, qui sépare le sang de l'atmosphère.

L'eau, l'acide carbonique et l'urée abandonnent le sang à travers la membrane, dans chaque organe, et constituent ses excrétions; mais les trois grands appareils diffèrent quant à la quantité absolue et relative des aliments dont ils permettent l'élimination.

En poids, c'est l'eau qui, dans les trois appareils, est l'excrétion prédominante : les reins donnent une plus grande quantité de matière solide, les poumons une plus grande quantité de gaz.

La peau est de la nature des poumons et des reins à la fois; elle absorbe l'oxygène et élimine l'acide carbonique et l'eau comme les premiers, tandis qu'elle excrète l'urée et des substances salines en solution comme les seconds; mais la peau est en relations plus étroites avec les reins qu'avec les poumons. Il résulte de là que, quand la libre fonction de la peau est interrompue, son travail est d'ordinaire accompli par les reins, et *vice versa*. Par les temps chauds, quand l'excrétion de la peau augmente, celle des reins diminue, et le contraire s'observe par les temps froids.

Cependant, cette faculté de substitution mutuelle ne va pas bien loin; car si les reins sont enlevés ou que leurs fonctions soient très-gênées, la mort survient quelque active que puisse être la peau. D'un autre côté, si la peau est couverte d'un vernis imperméable, la température du corps baisse rapidement, et la mort survient quoique les poumons et les reins soient restés en activité.

20. Le *foie* est une source constante de perte, et en un certain sens de gain pour le sang qui le traverse. Il donne lieu à une perte, parce qu'il sépare un liquide particulier du sang, la bile, et qu'il jette ce liquide dans les intestins : il est une source de gain, sinon quant à la quantité des produits, au moins quant à leur genre, en ce qu'il prépare une substance appelée glycogène capable de se transformer rapidement en une espèce de sucre appelé glycose qui est enlevé par le sang sous une forme ou sous une autre. Enfin, il est très-probable que le foie est une des sources des globules incolores du sang.

Le foie est l'organe glandulaire le plus gros du corps; il pèse ordinairement de 15 à 1,800 grammes; il est large, d'un rouge brun foncé, et se trouve situé sur le côté droit du corps immédiatement au-dessous du diaphragme avec lequel sa face supérieure est en contact, tandis que sa face inférieure est contiguë avec l'intestin et le rein droit.

Le foie est enveloppé par une couche du péritoine qui le maintient en place; il est aplati de haut en bas, convexe et lisse sur sa face supérieure qui s'engage dans la concavité de la face inférieure du diaphragme. En dessous, il est plus irrégulier (fig. 29); épais en arrière, il se termine en avant par un bord mince.

Quand on l'observe par sa face inférieure, comme dans la figure 29, on voit la veine cave inférieure *a* traverser une échancrure au bord postérieur du foie au moment où

elle passe de l'abdomen au thorax; en *b* on peut voir le tronc de la veine porte se diviser en branches qui entrent et se ramifient dans sa substance.

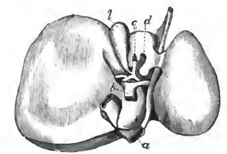


Fig. 29.
Le foie vu par sa face inférieure; *a*, veine cave; *b*, veine porte; *c*, conduits biliaires; *d*, artère hépatique.

En *d* l'artère hépatique qui vient presque directement de l'aorte se divise pareillement; elle entre dans le foie et se

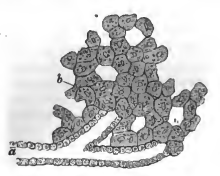


Fig. 30.
a, dernières branches des cellules hépatiques; *b*, cellules du foie.

ramifie dans son épaisseur, tandis qu'en *e* on voit un tronc simple appelé *canal cholédoque*, dont la fonction est de dé-

verser à l'extérieur la bile qui lui est amenée du foie par ses branches gauche et droite. Le canal de la vésicule du fiel (*canal cystique, l*) vient également s'ouvrir par un conduit dans le canal *cholédoque*. Ce conduit est plus petit que l'artère, et l'artère est plus petite que la veine porte.

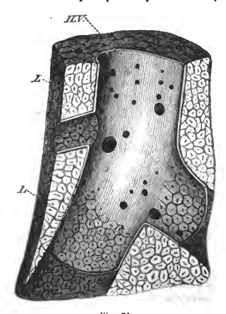


Fig. 31.
Section d'un portion du foie qui montre la veine hépatique HV avec les lobules ou acini du foie L situés sur ses parois et envoyant dans la grosse veine leurs petites veines intralobulaires.

Si l'on suit dans l'épaisseur du foie les branches de l'artère, de la veine porte et des conduits biliaires, on reconnaîtra qu'elles s'accompagnent l'une l'autre et qu'en se ramifiant et se subdivisant elles deviennent de plus en plus petites. A la fin la veine porte et l'artère hépatique se terminent dans les capillaires qui traversent comme un

réseau la substance des plus petites subdivisions visibles de la substance du foie, — petites masses polygonales de 2 ou 3 millimètres de diamètre au plus que l'on appelle *lobules*. Chaque lobule repose par sa base sur une des ramifications d'une grosse veine, — la veine hépatique, — et le sang des capillaires du lobule est versé dans cette veine par une veinule appelée *intralobulaire* qui traverse le centre du lobule et perce sa base. Ainsi le sang veineux de la veine porte et le sang artériel de l'artère hépatique atteignent les surfaces des lobules par les ramifications ultimes de cette veine et de cette artère : le mélange se fait dans les capillaires de chaque lobule et est entraîné par ses veinules *intralobulaires* qui déversent leur contenu dans une des ramifications de la veine hépatique. Ces ramifications réunies forment des troncs de plus en plus larges qui atteignent finalement le bord postérieur du foie et s'ouvrent dans la *veine cave inférieure* qui s'élève de la pointe vers le haut, en contact avec cette partie du foie.

Ainsi le sang qui est fourni au foie est un mélange de sang artériel et veineux; le premier provient directement de l'aorte par l'artère hépatique; le second provient des capillaires de l'estomac, des intestins, du pancréas et de la rate, est apporté par la veine porte.

On ne sait pas exactement comment se terminent les ramifications des canaux hépatiques ou biliaires. Tapissés par un épithélium qui est la suite de celui du canal principal, et ensuite par celui des intestins dans lesquels s'ouvrent les canaux principaux, on peut les suivre jusqu'à la surface des lobules. Leurs ramifications ultimes ne sont pas encore très-nettement connues, mais des recherches récentes tendent à prouver qu'ils pénètrent à travers des espaces ménagés entre les cellules hépatiques et traversent les lobules dans les intervalles laissés par les capil-

laires. Dans l'un et l'autre cas, un liquide quelconque séparé du sang par l'action des lobules doit aisément pénétrer dans leur épaisseur.

Dans l'épaisseur des lobules toutes les mailles des vaisseaux sanguins sont remplies par les cellules hépatiques. Ces cellules sont des corps à plusieurs faces de 2 centièmes de millimètres de diamètre environ offrant un noyau central et possédant fréquemment dans leur substance des granules plus ou moins gros de matière grasse (fig. 30, *b*). C'est dans les cellules du foie que l'on suppose que réside l'activité de cet organe.

21. La nature de cette activité, — pour autant que le foie est une source de déperdition pour le sang qui le traverse, — se détermine en recherchant :

a. Le caractère du liquide, la bile, qui s'écoule sans cesse le long des conduits biliaires et qui, si la digestion n'est pas en train de s'opérer et que son passage vers les intestins soit fermé, reflue et va remplir la vésicule.

b. Les différences qui existent entre le sang qui entre dans le foie et celui qui en sort en ce qui est des éléments de la bile.

22 *a*. La quantité totale de bile sécrétée dans les vingt-quatre heures varie, mais ne s'élève probablement pas à moins de 700 à 1,500 grammes : la bile est un liquide d'un jaune verdâtre, légèrement alcalin, d'un goût extrêmement amer et composé en grande partie d'eau à laquelle viennent s'ajouter de 8 à 17 parties de matières solides en solution. Ces matières solides consistent principalement en une substance résineuse composée de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de soufre combinés avec la soude. Cette matière biliaire ou *biline* peut chimiquement être décomposée en deux acides, l'un appelé *taurocholique*, qui contient tout le soufre, l'autre appelé

acide *glycholique;* la biline est donc une combinaison de *taurocholate* et de *glycholate* de soude. Outre la biline qui est son élément principal, la bile contient une substance grasse cristallisée, la *cholestérine*, et une matière colorante particulière qui contient du fer et qui est probablement en relation avec l'hématine du sang.

b. De ces éléments de la bile, on ne rencontre dans le sang que l'eau, la cholestérine et les sels; et, quoique sans nul doute il existe quelques différences entre le sang qui entre dans le foie et celui qui en sort, sous le rapport des quantités relatives de ces éléments, on rencontre des difficultés considérables pour déterminer avec précision le total de cette différence. Le sang de la veine hépatique cependant contient une plus petite quantité d'eau que celui de la veine porte.

23. Quant à l'élément essentiel de la bile, la biline, on ne peut la trouver dans le sang qui pénètre dans le foie; il doit donc se former aux dépens du tissu même de cet organe ou de quelque élément du sang qui le traverse. De quelque façon que le fait se produise, il y a une circonstance curieuse à noter, c'est que, comme presque toute la bile qui est versée dans l'intestin est de nouveau absorbée par les vaisseaux de ses parois, elle doit sous une forme ou sous une autre pénétrer une seconde fois dans cet organe avec le sang de la veine porte.

24. Examinons maintenant les principales sources constantes d'acquisition ou de gain pour le sang; en premier lieu, les sources de *gain matériel.*

Les poumons et la peau sont, ainsi qu'on l'a vu, deux des principaux canaux par lesquels le corps perd les liquides et les matières gazeuses. Mais ils sont aussi les seuls organes à l'aide desquels l'une des substances les plus

nécessaires au maintien de la vie, l'oxygène, est introduit dans le sang. On a déjà fait remarquer que le volume d'oxygène introduit par les poumons dans le sang est un peu plus considérable que celui de l'acide carbonique exhalé. Le poids absolu de l'oxygène ainsi absorbé peut être évalué à 640 grammes. (Voy. leçon VI, § 2.)

La quantité d'oxygène absorbée par la peau n'est pas exactement connue, mais chez quelques animaux inférieurs, tels que la grenouille, la peau joue un rôle très-important dans l'accomplissement des fonctions respiratoires.

25. Le sang qui quitte le foie par les veines hépatiques contient non-seulement proportionnellement moins d'eau et de fibrine, mais proportionnellement plus de globules, spécialement de globules incolores et, ce qui est encore plus important, une plus grande quantité de *sucre de foie* ou *glycose* que celui qui pénètre dans le foie par la veine porte et l'artère hépatique; ces différences ne dépendent point de la nature des aliments.

Que le sang qui quitte le foie doive renfermer proportionnellement moins d'eau et plus de globules que celui qui y pénètre, cela ne dépasse pas ce que l'on doit attendre de ce fait que la formation de la bile qui est faite aux dépens du sang implique nécessairement une perte d'eau et de quelques substances solides, tandis qu'elle ne détruit aucun globule.

Nous ignorons pourquoi il se sépare moins de fibrine du sang de la veine hépatique que du sang qui est amené au foie. Mais on a découvert depuis quelques années à l'aide de recherches expérimentales délicates et ingénieuses, pourquoi il y a toujours beaucoup de sucre dans le sang de la veine hépatique, alors même qu'il n'en est

pas introduit du tout par l'artère hépatique ou par la veine porte.

26. Si l'on nourrit un animal exclusivement avec de la viande, le sang de la veine porte ne contiendra pas de sucre, car les parois du tube digestif n'en ont pas absorbé ; l'artère hépatique n'en contiendra pas davantage ou tout au moins pas plus que des *traces;* on en trouvera néanmoins une grande quantité, au même moment, dans le sang de la veine hépatique et dans celui de la veine cave, du point où cette veine reçoit la veine hépatique jusqu'au cœur.

En second lieu, si l'on extrait le foie d'un animal nourri de viande et que l'on projette un courant d'eau froide dans la *veine porte,* l'eau s'écoulera par la veine hépatique, entraînant avec elle tout le sang du foie, et deviendra, après un certain laps de temps, incolore et sans sucre. Cependant, si le foie est abandonné à lui-même à une température modérée, le sucre s'y retrouvera de nouveau en abondance.

En troisième lieu, on peut, à l'aide de procédés convenables, extraire du foie, lavé ainsi qu'on vient de le dire, une substance qui ressemble à la farine, à la dextrine et à la gomme par sa composition chimique, laquelle consiste en carbone combiné à l'hydrogène et à l'oxygène, ceux-ci s'y trouvant dans les mêmes proportions que dans l'eau. Cette substance « amyloïde » est la matière *glycogène,* dont il est parlé au § 20. On peut la dessécher et la conserver longtemps sans qu'elle subisse d'altérations.

Mais de même que la farine et la dextrine végétale, cette matière amyloïde animale, qui doit avoir son origine dans le foie, puisqu'on ne la trouve ni dans le sang de la veine porte ni dans celui de l'artère hépatique, se transforme facilement en sucre au contact de certaines substances qui agissent comme ferments.

En quatrième lieu, on peut démontrer qu'un ferment capable de changer la matière glycogène amyloïde en matière saccharine ou glycose existe dans le foie dans les circonstances ordinaires.

Si l'on réunit toutes ces considérations, l'explication suivante du mystère de l'apparition du sucre dans le sang des veines cave et hépatique, alors qu'il n'existe ni sucre ni substance qui puisse facilement en fabriquer dans le sang apporté au foie, devient très-probable ; il est cependant possible que l'on doive sous quelques rapports la modifier quelque peu :

Le foie fabrique la matière glycogène avec le sang qui lui est fourni. Ce même sang fournit le ferment qui, à la température ordinaire du corps, transforme très-rapidement le glycogène, relativement peu soluble, en un sucre très-soluble ; ce sucre est dissous et transporté par chaque veine intralobulaire aux veines hépatiques et de là à la veine cave.

27. Nous avons déjà parlé du système lymphatique comme l'une des sources alimentaires du sang à l'aide d'un liquide qui en général semble n'être, pour ainsi dire, qu'un drainage du superflu des vaisseaux sanguins, quoique par intervalles, ainsi que nous le verrons, les vaisseaux lactés ajoutent au sang de nouvelles substances. Il est très-probable que les nombreuses glandes lymphatiques peuvent produire quelques changements dans les liquides qui les traversent et peuvent augmenter la quantité de globules de la lymphe.

Les corps glandulaires qui, ainsi que les glandes lymphatiques, se terminent en culs-de-sac et possèdent de nombreux vaisseaux lymphatiques, sont la glande *thyroïde*, qui se trouve dans la portion de la gorge qui est au-dessous du larynx et qui est le siége du *goître* ; le *thymus*,

situé à la base du cœur, très volumineux chez les enfants et qui disparaît petit à petit chez les adultes et chez les vieillards, enfin les *capsules surrénales,* qui se trouvent au-dessus des reins. On ne connaît rien de positif sur les fonctions de ces organes.

28. Nous sommes dans une certaine ignorance quant aux fonctions d'un gros viscère appelé la *rate,* qui se trouve placé dans la cavité abdominale sur le côté gauche de l'estomac (fig. 32). C'est un corps rouge aplati et allongé auquel l'*artère splénique,* qui vient presque directement de l'aorte, fournit du sang en abondance. Le sang qui a traversé la rate se déverse dans la *veine splénique,* qui le conduit à la veine porte et de là au foie.

Une section faite à travers la rate nous montre une masse spongieuse rouge, parsemée de petites taches blanchâtres. Chacune de ces taches représente la section de l'un des corps sphéroïdes appelés *cellules de la rate,* qui sont répandus dans toute sa substance et qui consistent en une agrégation massive de petits corps semblables aux globules incolores du sang et qui est traversée par un réseau de capillaires alimenté par un petit rameau de l'artère splénique. La portion rouge sombre de la rate dans laquelle ces globules sont incrustés est formée d'un tissu fibreux et élastique qui supporte un réseau vasculaire très-spongieux.

L'élasticité du tissu splénique permet à cet organe de se distendre aisément et de revenir ensuite à ses dimensions premières. Il semblerait qu'il change ses dimensions selon l'état des viscères de l'abdomen, qu'il atteint son plus gros volume environ six heures après un repas complet et tombe à son minimum six ou sept heures plus tard dans le cas où, dans l'intervalle, on ne prendrait point d'aliments.

Le sang de la veine splénique contient proportionnellement moins de globules rouges, mais plus de globules incolores et plus de fibrine que celui de l'artère splénique. On a supposé que la rate est l'une des parties de l'organisme dans lesquelles se produisent spécialement les globules incolores.

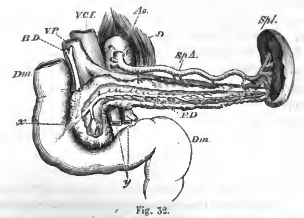


Fig. 32.

La rate (Spl) et l'artère splénique (SpA). On voit au-dessous la veine splénique qui concourt à former la veine porte (VP). Ao, l'aorte; D, un pilier du diaphragme; PD, canal pancréatique, vu à l'aide d'une dissection dans la section du pancréas; Dm, le duodenum; BD, conduit biliaire qui s'ouvre dans le canal pancréatique en x; y, vaisseaux de l'intestin.

29. On a vu que de la *chaleur* rayonne constamment de la peau et des conduits de l'air et que tout ce qui passe à travers le corps entraîne de la même façon une certaine quantité de chaleur. De plus, la surface du corps est beaucoup plus exposée au froid que son intérieur. Néanmoins la température du corps se maintient très-uniforme en tout temps et dans toutes les régions dans la limite de un ou deux degrés au-dessus ou au-dessous de 37° centigrades.

Ce fait est le résultat de trois conditions : la première est

que la chaleur se produit incessamment dans l'organisme ; la seconde qu'elle est incessamment distribuée à travers l'organisme ; la troisième qu'elle est l'objet d'un réglement incessant.

La chaleur se produit toutes les fois qu'une oxydation a lieu ; il suit de là que toutes les fois que des substances protéiques ou des matières grasses ou amyloïdes se transforment en produits de décomposition plus hautement oxydés, — l'urée, l'acide urique, l'acide carbonique et l'eau, de la chaleur se dégage nécessairement. Mais ces procédés se passent dans toutes les parties du corps dans lesquelles l'activité vitale se manifeste ; de sorte que chaque vaisseau capillaire et chaque îlot de substance extravasculaire est en réalité un petit foyer au sein duquel la chaleur se développe en raison de l'activité des changements chimiques qui s'accomplissent dans leurs éléments.

30. Mais comme les activités vitales des différentes parties du corps et du corps tout entier sont très-variables selon les circonstances, et comme quelques parties du corps sont situées de façon à perdre leur chaleur par le rayonnement et la conductibilité beaucoup plus facilement que d'autres, la température du corps serait très-inégale dans ces diverses régions et à diverses périodes s'il n'existait pas un arrangement à l'aide duquel la chaleur se distribue et se régularise.

Sous quelque forme que l'oxydation se produise dans une partie quelconque, elle élève à un degré proportionnel la température du sang qui à ce moment se trouve dans cette partie. Mais ce sang est rapidement chassé dans d'autres régions du corps et leur abandonne promptement son excès de chaleur. D'un autre côté, le sang de la surface du corps dont la température est abaissée par l'évaporation et par le rayonnement ne subit qu'une très-légère

perte de chaleur avant qu'il soit transporté dans les organes plus profonds; là, il se réchauffe par le contact aussi bien que par les actes d'oxydation auxquels il prend part. De la sorte les vaisseaux sanguins et leur contenu peuvent se comparer à un système de tuyaux d'eau chaude à travers lesquels cette eau est maintenue en constante circulation à l'aide d'une pompe; mais au lieu d'être chauffé comme d'ordinaire par une chaudière centrale, elle l'est par une multitude de jets de gaz placés inégalement sous les tuyaux, de façon que çà et là il s'en trouve plus ou moins. Il est évident que bien que la chaleur puisse être beaucoup plus considérable sur certains points du système que sur d'autres, la température d'ensemble de l'eau sera égalisée si l'eau est mise en mouvement par la pompe avec une rapidité suffisante.

31. Si ce système était entièrement composé de tuyaux fermés, la température de l'eau pourrait s'élever à un degré quelconque par les jets de gaz. D'un autre côté, elle pourrait être maintenue abaissée à un degré voulu en faisant qu'une portion plus ou moins grande des tuyaux soit mouillée d'eau qui puisse s'évaporer librement, en les enveloppant par exemple d'étoffe mouillé; plus serait grande la quantité d'eau évaporée, plus serait basse la température de l'ensemble de l'appareil.

Or, la réglementation de la température du corps humain s'effectue selon ce principe. Les vaisseaux sont des tuyaux fermés; mais un grand nombre d'entre eux sont enveloppés par la peau et par les membranes muqueuses du conduit de l'air qui sont physiquement des linges mouillés librement exposés à l'air. C'est l'évaporation de ceux-ci qui exerce une influence plus importante qu'aucune autre condition sur la réglementation de la température du sang et par suite du corps tout entier.

Mais pour plus de précision encore dans l'organisme, l'humidité du régulateur est elle-même déterminée par l'état des petits vaisseaux, puisque l'exsudation à travers ces vaisseaux a lieu plus facilement quand les parois des veines et des artères sont relâchées et que le sang les vient distendre, ainsi que les capillaires. Toutefois, la condition des parois des vaisseaux dépend des nerfs qui s'y distribuent, et il arrive que le froid peut affecter ces nerfs de façon à donner lieu à la contraction des petits vaisseaux; une chaleur modérée donnera lieu à des effets contraires. De la sorte, la fourniture de sang à la surface est amoindrie et la perte de chaleur est en conséquence affaiblie quand la température extérieure est basse, tandis que si elle est assez élevée la masse de sang qui se dirige vers la surface s'augmente, la sueur liquide chassé des vaisseaux est excrété par les glandes en grappes, et l'évaporation de ce liquide lutte contre l'élévation de la température dans le sang de la superficie.

Il suit de là qu'aussi longtemps que la surface du corps transpire librement et que les conduits de l'air sont très-humides, un homme peut rester impunément pendant longtemps dans un four dans lequel on cuit la viande. La chaleur de l'air se dépense à convertir cette perspiration très-abondante en vapeur, et la température du sang de l'homme s'élève à peine.

32. Les principales sources actives de déperdition intermittente pour le sang sont les glandes proprement dites qui sont toutes en principe des poches étroites creusées dans les membranes muqueuses ou dans la peau et tapissées par une prolongation de l'épithélium ou de l'épiderme. Dans les *glandes de Lieberkuhn* qui existent en nombre considérable dans les parois du petit intestin, chaque glande n'est autre chose qu'un simple repli de la membrane

muqueuse ayant la forme d'un tube-éprouvette dont l'extrémité fermée serait dirigée vers l'extérieur, et l'extrémité ouverte vers la surface interne de l'intestin.

Les glandes sudoripares de la peau, ainsi que nous l'avons déjà vu (§ 16), sont pareillement des replis de la peau en forme de tubes simples et en cul-de-sac contourné sur eux-mêmes. Les *glandes sébacées*, qui sont d'ordinaire en rap-

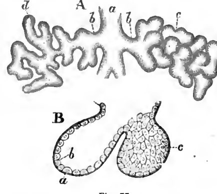


Fig. 33.

Aa. conduit salivaire avec *b* ses ramifications latérales et *d* leurs extrémités en cul-de-sac; B, deux de ces conduits grossis.

port avec le bulbe des cheveux, sont plus courtes, et leurs extrémités closes sont en quelque sorte subdivisées, de façon que la glande se compose d'un col étroit et d'une extrémité dilatée en ampoule. Le col par lequel la glande communique avec la surface libre s'appelle son conduit. Des glandes plus complexes se forment par l'élongation du canal en un long tube, et la subdivision des extrémités closes en une multitude de tubes semblables, chacun desquels se termine par une dilatation. Ces dilatations attachées à leurs conduits ramifiés ressemblent quelque peu à une grappe de

raisin; aussi ces glandes s'appellent-elles *glandes en grappes*. Les *glandes salivaires* et le *pancréas* appartiennent à cette catégorie.

Or, plusieurs de ces glandes, telles que les glandes salivaires et le pancréas (outre les glandes de la sueur que nous avons jugé utile d'étudier plus haut), n'agissent que quand certaines impressions du système nerveux donnent lieu à un état particulier de la glande, de ses vaisseaux ou des deux à la fois.

Ainsi la vue, l'odeur ou même la pensée d'un mets déterminera un flot de salive à la bouche; les glandes jusqu'alors tranquilles verseront soudain à l'extérieur cette sécrétion liquide, résultat d'un changement dans les conditions du système nerveux. Chez les animaux, les glandes salivaires peuvent sécréter abondamment si l'on irrite le nerf qui se distribue à la glande et à ses vaisseaux. Jusqu'à quel point cet effet est-il le résultat de l'influence mécanique du nerf sur l'état de la circulation, et jusqu'à quel point dépend-il d'une influence directe sur l'état du tissu même de la glande? — Cela n'est point jusqu'à présent nettement déterminé.

Les liquides versés à l'extérieur par les glandes intermittentes sont toujours très-pauvres en éléments solides et consistent principalement en eau. Ceux qui sont déversés sur la surface du corps se dissipent, mais ceux que reçoit le tube digestif sont sans doute réabsorbés dans une grande proportion.

33. Les grandes *sources intermittentes de gain pour le sang* qui proviennent des matériaux usés, sont les muscles dont chaque contraction s'accompagne d'une oxydation de matière organique et d'une introduction des produits oxydés dans le sang. Qu'une grande partie de ces matériaux soit formée d'acide carbonique, on en a la preuve dans les

faits suivants : *a*, le sang qui quitte un muscle après une contraction est toujours profondément veineux, beaucoup plus que celui qui quitte un muscle au repos ; *b*, les efforts musculaires augmentent tout à coup énormément la quantité d'acide carbonique expiré; on ne sait pas encore positivement si, dans ces circonstances, la quantité de produits azotés de décomposition augmente ou reste stationnaire.

LEÇON VI

FONCTIONS ALIMENTAIRES

1. Pour le sang, la grande source de gains, la seule voie d'introduction de substances nouvelles, — si l'on excepte les poumons, — est le *tube* ou *conduit alimentaire* dont les opérations, dans leur ensemble, constituent les *fonctions alimentaires*. Avant de les étudier en détail, il sera utile de jeter un coup d'œil d'ensemble sur la nature et les résultats de l'accomplissement de ces fonctions.

2. Un homme introduit chaque jour dans sa bouche et par là dans son tube alimentaire une certaine quantité de nourriture liquide et solide sous forme de viande, de beurre, d'eau ou d'autres substances. La quantité totale de matière chimiquement sèche et solide, qui doit ainsi être introduite dans le corps, si un homme, d'un volume et d'une activité moyenne, ne gagne ni ne perd de son poids, doit être d'environ 520 grammes. Le sang absorbe en outre environ 640 grammes de gaz oxygène; ce qui fait un total de 1^{kilogr},160 de gain quotidien en substances solides sèches et matières gazeuses.

3. Le poids des aliments solides secs qui sortent du tube alimentaire ne dépasse pas en moyenne le dixième de celui des substances qui y sont introduites, c'est-à-dire 52 grammes. Nulle quantité appréciable de matière solide ne quitte le corps par une autre voie. Il s'en suit donc que outre les 640 grammes d'oxygène, 450 grammes de matière sèche solide doivent abandonner le corps par les autres sécrétions gazeuses ou liquides. De plus, comme la composition générale du corps demeure constante, il s'ensuit ou que les éléments constituants des solides absorbés doivent être identiques avec ceux du corps lui-même, ou que, dans le cours des actes vitaux, l'aliment seul est détruit, la substance du corps restant sans changement, ou enfin que ces deux alternatives sont vraies l'une et l'autre et que l'aliment est en partie identique avec la perte de substance du corps et la remplace, et en partie diffère de la substance usée et se consomme sans la remplacer.

4. En fait, toutes les substances qui sont employées à titre d'aliments se rangent en quatre catégories : elles sont ou *protéiques*, ou *grasses*, ou *amyloïdes*, ou *minérales*.

Les substances *protéiques* sont analogues dans leur composition à la *protéine* et renferment les quatre éléments : *carbone*, *hydrogène*, *oxygène* et *azote*, quelquefois combinés au soufre et au phosphore.

Dans cette catégorie se trouve le *gluten* du froment; l'*albumine* du blanc d'œuf et du sérum du sang ; la *fibrine* du sang la *musculine* (*syntonine* des Allemands) qui est le principal élément des muscles et de la chair, et la *caséine*, principal élément du fromage; la *gélatine*, que l'on obtient par l'ébullition aqueuse du tissu connectif, et la *chondrine*, produite par l'ébullition aqueuse des cartilages, peuvent être considérées comme étant sur la limite extrême du même groupe.

Les *aliments gras* sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène seulement, et contiennent *plus* d'hydrogène qu'il n'en faut pour former de l'eau avec l'oxygène qu'elles renferment.

Toutes les huiles, ainsi que les matières grasses végétales et animales, se classent dans cette catégorie.

Les matières *amyloïdes* ne contiennent, de même que les précédentes, que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène; mais elles ne contiennent *pas plus* d'hydrogène qu'il n'en faut pour former de l'eau avec leur oxygène. Ce sont les substances connues sous les noms d'*amidon*, *dextrine*, *sucres* et *gommes*.

Le caractère des trois groupes de substances alimentaires que nous venons de mentionner, est, qu'elles ne peuvent être produites (au moins jusqu'à ce jour) que par l'activité d'êtres vivants, animaux ou plantes; de sorte qu'on peut les désigner convenablement sous les noms de substances alimentaires vivantes.

D'un autre côté, les substances alimentaires de la quatrième catégorie, les *minéraux*, peuvent être empruntées au monde inanimé aussi bien qu'au monde organique : ce sont l'eau et les sels de divers alcalins terreux et métalliques. A cette liste il faut rigoureusement ajouter l'*oxygène*; quoique n'étant pas absorbé par le canal alimentaire, il rentre à peine dans l'acception ordinaire du mot *aliment*.

5. En dernière analyse, on voit que les aliments organiques, c'est-à-dire provenant d'êtres organisés, contiennent ou trois, ou quatre des éléments : carbone, hydrogène, oxygène, azote, et que les aliments minéraux sont l'eau et les sels. Mais le corps humain, en dernière analyse, se trouve être pareillement composé des mêmes quatre éléments, *plus* l'eau et les mêmes substances salines que l'on trouve dans les aliments.

De plus, aucune substance ne peut servir d'aliment permanent, — c'est-à-dire ne peut prévenir la perte de poids et l'altération de la composition générale du corps s'il ne contient une certaine quantité de protéine sous la forme d'albumine, de fibrine, de musculine et de caséine. D'un autre côté, toute substance qui contient de la protéine, sous une forme aisément assimilable, est apte à agir comme substance alimentaire vitale.

Ainsi que nous l'avons vu, le corps humain contient une grande quantité de protéine sous l'une ou l'autre des quatre formes que nous avons énumérées; on voit donc pourquoi c'est une condition indispensable que toute substance qui doit servir d'aliment permanent doive aussi contenir toute prête une quantité suffisante des composés les plus importants et les plus complexes du corps. Elle doit aussi contenir une quantité suffisante des ingrédients minéraux qui sont nécessaires. Mais qu'elle renferme ou non des matières grasses ou amyloïdes, ses propriétés essentielles de conserver la vie et de maintenir à peu près constants le poids et la composition du corps demeurent les mêmes.

6. La nécessité de renouveler incessamment la provision de protéine provient de ce que la sécrétion d'urée (et par conséquent la perte d'azote) s'opère continuellement, que le corps soit ou non nourri, tandis qu'il n'y a qu'une seule forme sous laquelle l'azote puisse pénétrer dans le sang en quantité appréciable, à savoir la forme d'une solution de protéine. Si donc la protéine n'est pas fournie à l'organisme, une perte de substance considérable se fera sentir; car il n'y a rien dans les autres éléments de la nourriture capable de compenser la déperdition de l'azote

Mais, d'un autre côté, si l'on donne de la protéine, il ne peut y avoir aucune nécessité absolue d'aucun autre aliment, sauf les aliments minéraux, parce que la protéine

contient en abondance le carbone et l'hydrogène, et par-là se trouve en état de donner naissance aux autres grands produits de décomposition, l'acide carbonique et l'eau.

En effet, les résultats finaux de l'oxydation de la protéine sont l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque; et les produits sont, ainsi que nous l'avons vu, la forme ultime des produits de décomposition de l'économie humaine.

7. D'après ce qui vient d'être dit, on comprend facilement que, herbivore ou carnivore, un animal commence à souffrir de la privation d'aliments dès que ses aliments organiques ne consistent qu'en substances amyloïdes pures, en graisses ou en mélange d'amyloïdes et de graisses. Il souffre de ce que l'on a appelé l'*inanitiation azotée*, et mourra rapidement.

Dans ce cas, et plus encore dans celui où un animal est entièrement privé d'aliments organiques, l'organisme, aussi longtemps qu'il vit, vit aux dépens de sa propre substance. Celles de ses excrétions qui contiennent de l'azote seront fournies par le corps lui-même dans le cas où l'animal sera privé d'aliments azotés, et tous les produits de l'usure organique en proviendront pareillement; on a justement fait observer qu'un mouton qui ne mange pas est tout aussi carnivore qu'un lion.

8. Mais quoique la protéine soit l'élément essentiel de l'aliment et puisse suffire par là même dans certaines circonstances pour maintenir la vie, c'est un aliment très-désavantageux et peu économique.

L'albumine, qui peut être considérée comme le type des aliments protéiques, contient environ 53 parties de carbone et 15 d'azote sur 100. Si l'on devait nourrir un homme avec le blanc des œufs, il absorberait environ 3 parties $\frac{1}{2}$ d carbone pour chaque partie d'azote.

Mais il est expérimentalement prouvé qu'un homme com-

plétement développé et bien portant, maintenant son poids et sa chaleur, et prenant une quantité convenable d'exercice, élimine 256 grammes de carbone pour 19 grammes d'azote, ou, en chiffres ronds, ne demande en azote que la treizième partie du carbone. Si donc il doit prendre ses 256 grammes de carbone à l'albumine, il devra manger 483 grammes de cette substance; mais 483 grammes d'albumine contiennent 73 grammes d'azote, ou environ quatre fois plus qu'il n'en est besoin.

Pour mettre ces faits sous une autre forme, nous dirons que, pour obtenir 256 grammes de carbone, il faut près de 2 kilogrammes de viande sans graisse (qui contient généralement le quart de son poids en protéine sèche), tandis que 500 grammes peuvent fournir 19 grammes d'azote.

Ainsi un homme livré à un régime purement protéique devrait manger une quantité prodigieuse de viande. Ceci implique une somme considérable de travail physiologique pour la transformation des aliments, et une dépense excessive de force et de temps pour dissoudre et absorber les résultats de la digestion; mais, en outre, cette nourriture énorme aurait pour conséquence d'imposer un surcroît de travail tout à fait inutile aux organes excréteurs, qui doivent débarrasser le corps des matières azotées dont les trois quarts, nous l'avons vu, sont superflues.

Le travail improductif doit être évité avec autant de soin dans l'économie physiologique que dans l'économie politique; il est, en effet, possible qu'un animal nourri avec des substances protéiques parfaitement nutritives meure de faim, soit que la perte de force dans les diverses opérations nécessaires pour l'assimilation surpasse le gain alimentaire, soit que le temps nécessaire pour leur accomplissement soit trop considérable pour lutter contre la déperdition avec une rapidité suffisante. Dans ces cir-

constances, le corps se trouve dans la situation d'un marchand qui a des créances considérables, mais qui ne peut pas les réaliser en temps utile pour payer ses dettes.

9. Ces remarques nous mènent à justifier physiologiquement l'adoption universelle, par le genre humain, d'un régime mixte dans lequel les aliments protéiques sont mêlés à des matières grasses ou amyloïdes, ou aux unes et aux autres.

On admet que les graisses contiennent environ 80 pour 100 de carbone, et les amyloïdes 40 pour 100. Nous avons dit que dans 1 livre de viande dégraissée il y a assez d'azote pour remplacer la perte quotidienne de cette substance chez un homme bien portant. Cette livre de viande contient 64 grammes de carbone; ce qui fait un déficit de 192 grammes. Un peu plus d'une demi-livre de graisse ou une livre de sucre fourniront cette quantité de charbon. La graisse, convenablement divisée, et le sucre, en raison de sa solubilité, passeront très-aisément dans l'économie dont le travail digestif sera, en conséquence, réduit au minimum.

10. Plusieurs articles alimentaires, simples en apparence, constituent en soi un régime mixte. Ainsi, la viande de boucherie contient ordinairement de 30 à 50 pour 100 de graisse. Le pain contient le gluten, qui est protéique; et les substances amyloïdes l'amidon et le sucre, avec de petites quantités de graisse. Mais, d'après la proportion selon laquelle les substances protéiques et autres existent dans les aliments, ils ne sont pas, pris isolément, des aliments aussi physiologiquement économiques qu'ils le sont quand ils se combinent dans la proportion de 200 à 75; ou deux livres de pain mêlées aux trois quarts d'une livre de viande chaque jour.

11. Il est parfaitement certain que les neuf dixièmes des

aliments secs solides qui pénètrent dans le corps le quittent tôt au tard sous la forme d'acide carbonique, d'eau et d'urée (ou d'acide urique); et il est aussi certain que les composés qui quittent le corps sont plus oxydés que ceux qui y entrent; or, comme nulle part l'oxygène n'est éliminé à l'état libre, tout l'oxygène absorbé par les poumons est employé dans ces combinaisons.

Les degrés intermédiaires de cette transformation ne sont point parfaitement connus. Il est très-probable que les amyloïdes et les graisses sont très-fréquemment oxydées dans le sang, sans jamais former partie intégrante de la substance du corps; mais que les aliments protéiques puissent subir les mêmes transformations dans le sang, ou qu'il soit d'abord nécessaire qu'ils soient incorporés aux tissus vivants, cela n'est pas encore positivement connu.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'en s'oxydant, les éléments des aliments doivent donner de la chaleur, et il est probable que cette chaleur suffit pour rendre compte de toute celle qui est manifestée par le corps. Mais il est possible et même probable qu'il y a d'autres sources de chaleur, moins importantes.

12. Les substances alimentaires ont été divisées en *calorifiques* et *nutritives*. Dans les premières on classait les matières amyloïdes; dans les secondes, les matières protéiques. Mais c'est là une classification erronée, d'autant plus qu'elle implique d'une part que l'oxydation des substances protéiques ne développe pas de chaleur, d'autre part, que les amyloïdes et les graisses, quand ils s'oxydent, ne servent qu'à produire de la chaleur.

Les substances protéiques sont *nutritives*, c'est-à-dire façonnent des tissus, en ce sens qu'aucun tissu ne peut être fait sans elles; mais elles produisent aussi de la chaleur,

non-seulement par voie directe, mais aussi parce qu'elles sont aptes à produire des amyloïdes par les transformations qu'elles subissent dans l'organisme. (Leçon V, § 25, 26.)

Si l'on juge nécessaire de créer une classification spéciale des aliments vitaux, on peut les diviser en aliments *essentiels* ou protéiques, et en aliments *accessoires* ou matières grasses et amyloïdes; — les premiers seuls sont, par nature, nécessaires à la vie; — les seconds, quelque importants qu'ils soient, ne sont pas absolument nécessaires.

13. Toutes les substances alimentaires se composant de la sorte, de protéine, graisses, amyloïdes ou minéraux, purs ou mêlés à d'autres substances, le grand objet de l'appareil alimentaire consistera à séparer, s'il y a lieu, les substances nutritives d'un résidu non nutritif, de les mettre ensuite à l'état de solution ou de division excessive, de sorte qu'elles puissent s'ouvrir un chemin à travers les membranes, d'une structure très-délicate, qui constituent les parois des vaisseaux du tube alimentaire. A cet effet, l'aliment est pris dans la bouche, mastiqué, insalivé, avalé; il subit la digestion gastrique, passe dans l'intestin et est soumis à l'action des sécrétions des glandes attachées à ces organes. Finalement, après une extraction plus ou moins complète des constituants nutritifs, le résidu, mêlé à certaines sécrétions des intestins, quitte le corps à l'état de *fèces*.

La cavité de la bouche offre un plafond fixe formé par le *palais* (fig. 34, *l*), et un plancher mobile formé par la mâchoire inférieure et la langue (*k*), qui remplit l'espace compris entre les deux branches de la mâchoire. Les bords arrondis des deux mâchoires offrent 32 dents, 16 en haut, 16 en bas; et, extérieurement aux dents, la clôture de la

cavité buccale se complète par les joues sur le côté et les lèvres en avant.

Quand la bouche est fermée, le dos de la langue se met

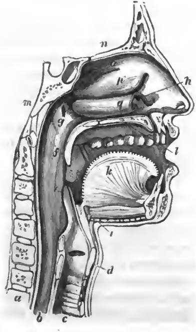


Fig. 54. — Section de la bouche et du nez faite verticalement un peu a gauche de la ligne du milieu.

a, colonne vertébrale; *b*, l'œsophage; *c*, conduit de l'air; *d*, cartilage thyroïde du larynx; *e*, épiglotte; *f*, luette; *g*, orifice de la trompe d'Eustache gauche; *h*, orifice du canal lacrymal gauche; *i*, os hyoïde; *k*, langue; *l*, palais osseux; *m*, *n*, base du crâne; *o*, *p*, *q*, cornets supérieur, moyen et inférieur; les lettres *g*, *f*, *e* sont placées sur le pharynx.

en contact étroit avec le palais; et, quand le palais osseux cesse, la communication entre la bouche et l'arrière-bouche est interrompue par une sorte de voile charnu, le *voile du palais* ou palais mou, dont le milieu s'allonge en pointe

qui porte le nom de luette (*f*), tandis que ses côtés, limitant les parois du gosier, forment des piliers musculaires doubles que l'on appelle les piliers du voile du palais. Entre chacun des deux piliers se trouvent les amygdales, une de chaque côté.

Le voile du palais avec la luette viennent se mettre en contact avec la portion supérieure du dos de la langue et avec une sorte d'appendice cartilagineux qui est en rapport avec la base de la langue, l'*épiglotte* (*l*).

En arrière de la cloison ainsi constituée, se trouve le pharynx, qui peut être représenté comme un sac en forme d'entonnoir avec des parois musculaires, qui, par les bords supérieurs de son extrémité la plus large s'insère à la base du crâne, tandis que ses parois latérales se continuent avec les côtés de la bouche et ses parois inférieures avec le plancher de la bouche. La petite extrémité du sac pharyngien s'ouvre dans l'œsophage et se termine par un tube qui va jusqu'à l'estomac.

Il n'y a pas moins de six orifices distincts dans la partie inférieure du pharynx ; quatre en deux paires latérales et deux orifices simples sur la ligne du milieu. Les deux paires sont : en avant, l'ouverture postérieure des cavités nasales, et près ces ouvertures, latéralement, les orifices des trompes d'Eustache (*g*). Les deux orifices simples sont l'ouverture postérieure de la bouche, entre le voile du palais et l'épiglotte ; l'orifice supérieur du tube respiratoire ou *glotte*.

14. La membrane muqueuse qui tapisse la bouche et le pharynx est parsemée de petites glandes, les *glandes buccales* ; mais les grosses glandes d'où la cavité buccale reçoit ses principales sécrétions, sont les trois paires qui, ainsi que nous l'avons déjà dit, portent le nom de *parotides*, *sous-maxillaires* et *sublinguales*, qui fournissent la plus grande portion de la salive (fig. 35).

Les glandes parotides sont situées exactement en face de l'oreille, et leurs conduits se dirigent en avant, le long des joues, jusqu'au moment où ils s'ouvrent à l'intérieur de la bouche, au niveau de la seconde molaire supérieure.

Les glandes sous-maxillaires et sous-linguales sont situées entre la mâchoire inférieure et le plancher de la bouche, la sous-maxillaire en arrière, la sous-linguale en avant. Leur conduit vient s'ouvrir dans la bouche, sous la langue.

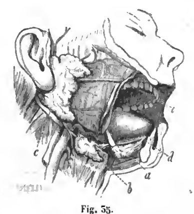


Fig. 55.

Dissection du côté droit de la face montrant *a*, la glande sublinguale; *b*, la sous-maxillaire avec leurs conduits qui s'ouvrent à côté de la langue au plancher de la bouche en *d*; *c*, la glande parotide et son conduit qui s'ouvre sur le côté interne de la joue en *e*.

La sécrétion de ces glandes salivaires, mêlée à celle d'autres glandes plus petites de la bouche, constitue la *salive*, liquide transparent et aqueux, qui contient une petite quantité de matière animale appelée ptyaline, qui offre certaines propriétés spéciales. Elle n'agit pas sur les aliments protéiques, ni sur les corps gras; mais si on la mélange avec de l'amidon et qu'on maintienne ce mélange à une température modérée, elle transforme cet amidon en

sucre de raisin. On comprend l'importance de cette opération si l'on sait que l'amidon est insoluble et ne peut servir de nutriment (V, 26), tandis que le sucre est très-soluble et facilement oxydable.

15. Chacune des 32 dents que nous avons mentionnées consiste en une couronne qui s'élève au-dessus de la gencive et une ou plusieurs racines qui sont implantées dans les alvéoles des mâchoires.

Les 8 dents de chaque demi-mâchoire sont façonnées exactement sur le même modèle que leurs correspondantes de la même mâchoire; mais les dents d'en haut et celles d'en bas, qui s'opposent les unes aux autres et peuvent mordre, diffèrent en quelques détails, quoiqu'elles soient du même genre.

Les 4 dents du milieu en avant ont des bords larges, aigus et taillés en ciseaux; on les appelle tranchantes ou *incisives*. Vient ensuite une dent munie d'une couronne conique et pointue. Elle correspond à la grosse dent lacérante du chien et on l'appelle œillère ou canine. Les 2 dents qui viennent ensuite ont des couronnes plus larges, avec deux cuspides ou tubercules sur la face horizontale de chaque couronne, l'une interne, l'autre externe; de là le nom de bicuspides ou fausses molaires. Ces dents ont d'ordinaire une racine chacune, excepté les bicuspides dont la racine peut être divisée en deux plus ou moins complétement. Les autres dents ont des couronnes beaucoup plus larges et deux ou trois racines; on les appelle *molaires*, de ce qu'elles écrasent et broient les substances à la façon des meules. A la mâchoire supérieure, leurs couronnes offrent quatre saillies ou cuspides aux quatre coins; un sillon longitudinal réunit deux d'entre elles. A la mâchoire inférieure, le modèle complet a cinq cuspides, deux au côté interne, trois au côté externe.

Les muscles des organes que nous venons de décrire sont disposés de telle sorte que la mâchoire inférieure peut être ou abaissée de façon que la bouche est ouverte et que les dents sont séparées, ou relevée de façon à mettre les dents en contact, ou déplacées latéralement de façon à faire glisser l'une sur l'autre la face des molaires et les bords tranchants des incisives. Les muscles qui accomplissent les mouvements d'élévation et de glissement sont très-forts et appliquent une force correspondante aux mouvements de déchirure et d'écrasement des dents. Aussi, la substance superficielle de la couronne de la dent est d'une grande dureté, composée d'*émail*, qui est la matière la plus dense et la plus dure des corps organiques, au point qu'on peut produire des étincelles en le frappant avec l'acier (Leçon XII). Mais quelle que soit son extrême dureté, l'émail s'use chez les personnes âgées, et de bonne heure chez les sauvages qui se nourrissent d'aliments grossiers.

16. Quand un aliment solide est placé dans la bouche, il est déchiré et broyé par les dents ; les fragments qui s'échappent par les côtés externes sont repoussés sous les dents par les contractions musculaires des joues et des lèvres ; ceux qui tombent dans la bouche sont renvoyés par la langue jusqu'à ce que le tout soit entièrement broyé. Pendant que la mastication s'effectue, les glandes salivaires versent leur sécrétion en grande abondance, et la salive se mêle aux aliments qui s'imprègnent, non-seulement de cette salive, mais encore de l'air qui remplit les bulles de ce liquide.

Quand l'aliment est suffisamment moulu, il est réuni en petites masses ou bols enveloppés de salive, qui se placent sur la base de la langue et sont transportés en arrière à l'orifice qui conduit au pharynx. Sous cette pression, le palais membraneux se soulève, ses piliers se rejoignent,

tandis que le mouvement en arrière de la langue chasse tout à coup le bol et fait que l'épiglotte s'abaisse en bas et en arrière sur la glotte, de façon à former une sorte de pont sur lequel le bol peut passer au-dessus de l'orifice du conduit de l'air, sans aucun risque d'y pénétrer. Tandis que l'épiglotte dirige en bas le bol alimentaire et l'empêche de pénétrer dans la trachée, le palais membraneux le dirige au-dessus, prévient son entrée dans les cavités nasales et le conduit en bas et en arrière vers la partie inférieure du conduit musculeux du pharynx. Là, le bol est saisi, est étroitement maintenu; et les fibres musculaires se contractant au-dessus, tandis qu'elles se trouvent relativement relâchées en dessous, il est rapidement lancé dans l'œsophage. Les parois musculaires de ce dernier tube le saisissent et le poussent de la même façon en dedans jusqu'à ce qu'il arrive à l'estomac.

17. Les liquides sont absorbés tout à fait de la même façon. Ce n'est pas par leur poids qu'ils tombent le long du pharynx et de la gorge; chaque gorgée est saisie et transportée par une action des muscles. C'est pour cela que des saltimbanques peuvent boire la tête en bas, et qu'un cheval ou un bœuf boivent avec la gorge plus basse que l'estomac : ce qui serait impossible si un liquide obéissait simplement à l'action de la pesanteur en passant de la gorge dans l'estomac.

Ces procédés de mastication, d'insalivation et de déglutition des aliments ont pour premier effet de les convertir en une pulpe plus dense et mieux liée; ensuite, toute substance introduite en solution est encore plus diluée par l'eau de la salive; enfin, l'amidon que les aliments peuvent renfermer commence à se transformer en sucre par le principe actif de la salive, — la ptyaline.

18. L'estomac, de même que la gorge, consiste en un

tube à parois musculaires dont les fibres sont lisses et recouvertes d'un épithélium. Mais il diffère de la gorge à plusieurs égards. D'abord, sa cavité est plus grande et son extrémité gauche se développe en une dilatation que l'on appelle cardiaque, parce qu'elle se trouve du côté du cœur (fig. 36 *b*). L'ouverture du pharynx dans l'estomac

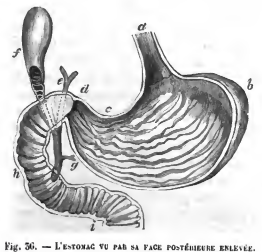


Fig. 36. — L'ESTOMAC VU PAR SA FACE POSTÉRIEURE ENLEVÉE.

a, œsophage; *b*, dilatation cardiaque ou grand cul-de-sac; *c*, petite courbure; *d*, pylore; *e*, canaux biliaires; *f*, vésicule ou fiel; *g*, canal pancréatique s'ouvrant par le même orifice que le canal cystique en face de *h*; *h*, *i*, duodénum.

ou *cardia* est, en conséquence, à peu près au milieu de la longueur transversale de cet organe, qui présente à considérer une grande courbure, longue, convexe le long du bord antérieur ou inférieur et une petite courbure concave sur son contour postérieur ou supérieur. Vers son extrémité droite ou inférieure, l'estomac se rétrécit et, quand il devient l'intestin, les fibres musculaires sont disposées

de façon à former une sorte de sphincter autour de l'ouverture de communication. Cette ouverture s'appelle le *pylore* (fig. 36 *d*).

La membrane muqueuse qui tapisse les parois de l'estomac est très-délicate et une multitude de petites glandes simples s'ouvrent à sa surface. Il en est d'autres qui offrent une structure un peu plus compliquée (fig. 37); leur extrémité en cul-de-sac se subdivise. Ce sont ces glandes gastriques qui, lorsque la nourriture arrive dans l'estomac, déversent un liquide peu épais, le *suc gastrique*. Cette acidité provient de la présence des acides *hydrochlorique* ou *lactique;* mais, en outre, le suc gastrique contient une substance, appelée *pepsine*, qui semble offrir quelque analogie avec la *ptyaline* (§ 14). En somme, quand les aliments arrivent dans l'estomac, les contractions de cet organe les pétrissent et les mêlent intimement au suc gastrique.

19. On peut aisément reconnaître les propriétés du suc gastrique par l'expérimentation; que l'on mette un petit morceau de cette partie de la membrane muqueuse qui contient les glandes dites *peptiques*, dans de l'eau acidulée qui contiendrait de petits morceaux de viande, d'œufs durs ou d'autres aliments protéiques, et que l'on maintienne le mélange à une température d'environ 45° centigrades : au bout de quelques heures, on trouvera que le blanc de l'œuf s'est dissous, s'il n'était pas en trop grande quantité, et ce qui reste de la viande s'est transformé en une pulpe qui est formée principalement du tissu connectif et des matières grasses qu'elle contenait. Ceci est une *digestion artificielle*, et l'on a établi expérimentalement que la même opération s'exécute quand l'aliment subit une digestion naturelle dans l'estomac d'un animal vivant.

La solution protéique, ainsi effectuée, s'appelle un peptone et offre à peu près les mêmes caractères, quelle que

soit la nature des substances protéiques qui ont été digérées [1].

Il faut un temps considérable (plusieurs jours) pour que

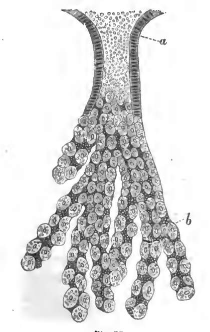


Fig. 37.
L'une des glandes qui secrètent le suc gastrique.
Grossissement d'environ 350 diamètres.

l'acide dilué seul puisse dissoudre la protéine; aussi, le pouvoir dissolvant du suc gastrique doit être principalement attribué à la protéine.

[1] Cette opinion de Lehmann est, aujourd'hui au moins, très-contestée; le professeur Ch. Robin dit : « Il est reconnu aujourd'hui que chaque espèce d'élément anatomique ou mieux de principe azoté coagulable ou solide donne un produit liquide différant des autres après sa liquéfaction stomacale. (*Dict.*, p. 1117.) D.

20. Par un pétrissage continuel, et avec des additions constantes de sucs gastriques, l'aliment se trouve réduit à la consistance d'une bouillie épaisse qui porte le nom de *chyme*. Dans cet état, il peut s'échapper par portions à travers le pylore et entrer dans le duodénum; mais une grande portion de cette masse demi-liquide (composée de peptone mêlée à de la salive et de liquides saccharins résultant de la conversion partielle de l'amidon ou provenant d'une autre source) est rapidement absorbée, se fraye, par imbibition, une voie à travers les parois des vaisseaux délicats et nombreux de l'estomac, et arrive au courant sanguin qui se jette par la veine gastrique dans la veine porte.

21. Les *intestins* forment un long tube avec des enveloppes ou tuniques muqueuses et musculaires, de même que l'estomac; comme l'estomac, ils sont enveloppés par le péritoine. On les distingue en deux portions, le *petit* et le *gros intestin*. Ce dernier est d'un diamètre beaucoup plus grand que le premier. A son tour, le petit intestin se divise en *duodénum*, *jéjunum* et *iléum;* mais il n'existe point entre ces portions de ligne naturelle de démarcation. Cependant, le *duodénum*, qui est cette partie du petit intestin qui fait immédiatement suite à l'estomac, se distingue parce qu'il est recourbé sur lui-même et fixé étroitement par le péritoine contre la paroi postérieure de l'abdomen, dans la concavité que l'on voit, en *h i*, figure 36. C'est dans cette concavité que se trouve la tête du pancréas (fig. 32).

L'iléum (*a*, fig. 38) n'est pas plus large que le jéjunum ou que le duodénum; de sorte que la transition du petit au gros intestin (*e*) est soudaine; mais à ce point se rencontrent des replis qui font saillie dans la cavité du gros intestin et s'opposent au reflux des matières du gros dans le petit intestin, tandis qu'elles laissent le passage libre

dans l'autre sens. C'est ce que l'on appelle la valvule iléo-cœcale (fig. 38 *d*).

Le cœcum se trouve dans la portion inférieure du côté droit de la cavité abdominale. Le *colon*, ou première portion du gros intestin, passe au-dessus sous le nom de *colon ascendant;* puis, tournant brusquement à angle droit, il passe au côté gauche du corps et prend le nom de *colon transverse* dans cette portion de son trajet; ensuite, s'infléchis-

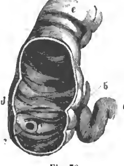


Fig. 38.
Terminaison de l'iléum *a* dans le cœcum et continuation de cœcum dans le colon *c* ; *d*, valvule iléo-cœcale ; *e*, orifice de l'appendice vermiforme (*b*) dans le cœcum.

sant en arrière, le long du côté gauche de l'abdomen, il s'appelle colon descendant. Là, il atteint la ligne médiane et devient le rectum, qui est cette portion du gros intestin qui s'ouvre extérieurement.

22. La membrane muqueuse de l'intestin est pourvue de nombreuses petites glandes, simples pour la plupart, qui portent les nom de Lieberkuhn et de Brunner, et qui déversent une sécrétion, le *suc intestinal*, dont la fonction n'est point connue avec précision.

Les *valvules conniventes* sont des organes spéciaux au

petit intestin ; ce sont des replis transverses de la membrane muqueuse qui en augmentent la surface ; les *villosités* sont des saillies filamenteuses de cette membrane qui se rencontrent sur les valvules conniventes et ailleurs, et qui sont rangées l'un contre l'autre comme les soies du velours. Chaque villosité est revêtue d'un épithélium et contient à l'intérieur le radicule ou commencement d'un

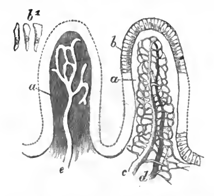


Fig. 59. — Deux des villosités du petit intestin grossies d'environ 50 diamètres.

a, substance des villosités ; *b*, son épithelium dont on voit quelques cellules détachées en *b'* ; *c*, *d*, artère et veine avec leur réseau capillaire de communication qui enveloppe et cache *e* racine lactée qui occupe le centre de la villosité et s'ouvre à sa base dans un réseau de vaisseaux lactés.

vaisseau lacté (Leçon II, § 6) ; entre ce vaisseau et la villosité se trouve un réseau capillaire avec son artère afférente et sa veine efférente.

Le gros intestin offre des particularités dignes de remarque dans l'arrangement des fibres musculaires longitudinales du colon en trois bandes qui sont plus courtes que les parois de l'intestin elles-mêmes, de telle façon que ces dernières forment des replis et des poches ; il faut aussi noter la terminaison du rectum en un muscle sphincter qui

a la forme d'un anneau qui maintient l'orifice étroitement fermé, excepté quand la défécation s'opère.

Les intestins reçoivent le sang presque directement de l'aorte. Leurs veines portent le sang qui a traversé les capillaires de l'intestin à la veine porte.

Les fibres des parois musculaires des intestins (parois musculaires qui sont placées entre la couche de membrane muqueuse et la couche séreuse ou péritonéale) sont disposées longitudinalement et circulairement, et les fibres musculaires d'une portion quelconque se contractent successivement, de façon que les fibres inférieures du côté de l'anus se contractent après celles du côté supérieur du côté du pylore. En conséquence de cette *contraction péristaltique*, le contenu des intestins est incessamment poussé par le rétrécissement successif du calibre de l'intestin, de son extrémité supérieure vers l'inférieure.

23. Les seules sécrétions qui entrent dans l'intestin, indépendamment de celles de ses glandes propres, — sont celles du foie et du pancréas, la *bile* et le *suc pancréatique*. Les conduits de ces organes ont un orifice commun au centre du duodénum; et comme ce canal commun traverse obliquement dans l'épaisseur des tuniques de l'intestin, ces parois font l'office de valvules, s'opposent à l'entrée du contenu du duodénum dans le canal et laissent un libre cours à la bile et au suc pancréatique dans le duodénum (fig. 32 et 36).

A mesure que le chyme remplit le duodénum, le pancréas entre en activité, et sa sécrétion, de même que la bile qui vient de la vésicule, coule à travers l'orifice commun et, se mêlant au chyme, le transforme en ce qu'on appelle le *chyle*.

24. Le chyle diffère du chyme sous deux rapports. En premier lieu, la bile alcaline neutralise l'acide du chyme;

en second lieu, la bile et le suc pancréatique semblent avoir sur les matières grasses, contenues dans le chyme, une influence telle qu'elle facilite la subdivision de ces matières en une infinité de particules. Le chyme qui résulte de la digestion des aliments gras n'est qu'un mélange de fluide aqueux avec des matières huileuses qui sont prêtes à s'en séparer pour s'unir entre elles; d'un autre côté, dans le chyle, ces matières grasses sont suspendues dans ce liquide de la même façon que l'huile peut être disséminée uniformément dans l'eau en la délayant graduellement avec du blanc d'œuf, ce qu'on appelle une émulsion; la graisse (c'est-à-dire le beurre) du lait est naturellement tenue en suspension par le même procédé dans la base aqueuse du lait.

Le chyle, avec ces particules en suspension, paraît blanc et laiteux, pour la même raison que le lait offre le même aspect; la multitude de petites particules grasses en suspension réfléchit une grande somme de lumière.

La conversion de l'amidon en sucre, qui semble être interrompue, en tout ou en partie, aussi longtemps que les aliments restent dans l'estomac, à cause de l'acidité du chyme, est reprise aussitôt que cette acidité est neutralisée; les sucs pancréatiques et intestinaux agissent efficacement en ce sens.

A mesure que le chyle s'avance le long des petits intestins par l'action propulsive des contractions péristaltiques, les substances en dissolution qu'ils contiennent sont d'ordinaire absorbées par les vaisseaux des villosités. D'un autre côté, les petites particules de matières grasses sont poussées à travers les parties molles de l'épithélium dans celles des villosités, et de la sorte, à la longue, dans les vaisseaux; le mercure, de la même façon, peut être chassé par la pression à travers les pores d'un sac de cuir lavé.

Comme le réseau des capillaires est placé dans chaque villosité à l'extérieur des radicules lactés, il semble que les vaisseaux sanguins enlèvent la plus grande partie du chyle; mais, en réalité, il en entre beaucoup dans les vaisseaux lactés; le chyle les remplit et ne pénètre dans le sang qu'après un circuit à travers les lymphatiques du mésentère et le canal thoracique. (Leçon II, § 5 et 6.)

25. A mesure que les matières digérées sont poussées le long du petit intestin, elles sont débarrassées graduellement de leur peptone, de leurs graisses et amyloïdes solubles, et sont poussées à travers la valvule iléo-cœcale dans le cœcum et ensuite dans le gros intestin. Là, elles prennent une réaction acide, une odeur et une couleur fécale caractéristiques qui se marquent de plus en plus à mesure qu'elles approchent du rectum. On a supposé qu'une seconde digestion s'opérait dans la portion supérieure du gros intestin.

LEÇON VII

MOUVEMENT ET LOCOMOTION

1. Dans les leçons précédentes on a montré comment les choses qui pénètrent dans l'intérieur du corps (*incomings*) se transforment en celles qui en sortent (*outgoings*). On a vu que sous forme d'aliments organiques et inorganiques, de nouveaux matériaux sont incessamment incorporés à notre substance pour réparer les pertes, incessantes aussi, de matériaux usés qui s'éliminent principalement sous forme d'acide carbonique, d'urée et d'eau.

Les aliments vitaux ou organiques sont empruntés directement ou indirectement au règne végétal; les produits de décomposition sont formés par les substances composées qui sont abondantes dans le règne inorganique ou s'y réduisent immédiatement. Le corps humain est donc le centre d'un courant de matière, qui partant du monde végétal et minéral retourne incessamment au monde minéral. On peut le comparer à un tourbillon qui, dans un fleuve, peut conserver sa forme pendant une période indéfinie de temps, quoique pas une particule de l'eau du fleuve n'y reste plus d'un instant.

Toutefois, ce tourbillon humain offre cette particularité que les molécules de matière qui y pénètrent offrent une composition beaucoup plus complexe que celles qui en sortent. Et pour employer une métaphore qui n'est pas sans quelque réalité, les atomes qui entrent dans l'organisme sont pour la plupart façonnés en grosses masses et se brisent en petites masses avant de les quitter. La force qui est mise en liberté dans cette fragmentation est la source des puissances actives de l'organisme.

2. Ces puissances actives se manifestent surtout sous forme de *mouvement*, mouvement d'une portion du corps ou mouvement de son ensemble. Ce dernier prend le nom de *locomotion*.

Les organes qui effectuent le mouvement partiel ou total du corps ou des liquides qu'il contient sont de deux genres : les *cils vibratiles* et les *muscles*.

3. Les *cils vibratiles* sont des filaments extrêmement fins attachés par leurs base aux surfaces libres des cellules épithéliales d'où elles naissent (voy. leç. XII). Ils se meuvent incessamment d'un mouvement vibratile continu, aussi longtemps qu'ils sont en vie; et ce mouvement persiste même pendant un certain temps après que la cellule épithéliale, avec laquelle elle était en rapport, a été séparée du corps ; ce mouvement du cil est, non-seulement indépendant des mouvements du reste du corps, mais il n'est pas sous la dépendance du système nerveux. La cause prochaine de ce mouvement semble consister dans la contraction et le relâchement successifs des côtés opposés de sa base ; mais on ignore pourquoi ce double phénomène se produit.

Quoique aucune autre partie de l'organisme n'ait d'influence sur les cils vibratiles et qu'ils n'aient entre eux, que nous sachions, aucune communication directe, leur acti-

vité est cependant dirigée vers une fin commune ; les cils qui recouvrent ces surfaces étendues agissent toutes de façon à chasser dans une seule et même direction tout ce qui se trouve sur cette surface. Ainsi les cils qui sont développés sur les cellules épithéliales (qui tapissent la plus grande partie des cavités nasales et la trachée avec ses ramifications) tendent à pousser à l'extérieur les mucosités sur lesquelles elles agissent.

En dehors des conduits de l'air, on trouve des cils dans les ventricules du cerveau et dans deux ou trois autres régions ; mais le rôle qu'ils jouent chez l'homme est insignifiant auprès de celui qu'ils jouent chez les animaux inférieurs ; chez plusieurs d'entre eux ils sont les organes principaux de la locomotion.

4. Les *muscles* sont des condensations de fibres (I, § 13) qui ont la propriété, dans certaines conditions, de se raccourcir tandis que leurs autres dimensions augmentent, de sorte que le volume absolu de chaque fibre ne change point. Cette propriété s'appelle la contractilité musculaire ; et toutes les fois qu'en vertu de cette contractilité les fibres musculaires se contractent, elles tendent à rapprocher ses extrémités avec tout ce qui peut leur être attaché.

La circonstance qui détermine à l'ordinaire la contraction d'une fibre musculaire est un changement d'état dans les fibres nerveuses qui sont en connexion étroite avec les fibres musculaires. De là la fibre nerveuse est appelée *motrice*, parce que par son influence sur un muscle elle devient un moyen indirect de produire un mouvement.

Le muscle est une substance très-élastique. Il renferme une grande quantité d'eau [à peu près autant que le sang (III, § 16)] et pendant la vie il paraît clair et demi-transparent.

Quand on comprime un muscle à fibres striées, après avoir pris toutes les précautions voulues pour en chasser tout le sang qu'il contient, on en fait sortir un liquide qui se coagule à la température ordinaire. Tôt ou tard après la mort, cette coagulation s'opère dans les muscles eux-mêmes. Ils deviennent plus ou moins opaques, et perdant leur élasticité antérieure, ils se transforment en masses dures et rigides, qui conservent la forme qu'elles avaient quand la coagulation commence. Les membres se raidissent dans la position où la mort les a trouvés, et le corps passe à l'état de rigidité cadavérique, *rigor mortis*. Après un certain laps de temps, les matières coagulées se liquéfient et les muscles entrent dans un état de relachement et de flaccidité qui marque le début de la putréfaction.

On a remarqué que la rigidité cadavérique dure d'autant moins de temps qu'elle est survenue plus tôt, et que plus elle met de temps à s'établir plus elle dure. Enfin, plus la fatigue musculaire et l'épuisement consécutif sont considérables avant la mort, plus la rigidité s'établit de bonne heure.

Les muscles peuvent être commodément divisés en deux groupes selon la manière dont les extrémités de leurs fibres sont attachées : 1° muscles qui ne s'insèrent pas à des leviers solides et 2° muscles qui s'insèrent à des leviers solides.

5. *Muscles qui ne s'insèrent pas à des leviers solides.* Sous ce titre viennent d'abord les muscles *larges* qui enclosent une cavité ou enveloppent un espace et dont la contraction amoindrit la capacité de cette cavité ou diminue l'étendue de cet espace.

Les fibres musculaires du cœur, des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques, du canal alimentaire,

des canaux glandulaires, de l'iris de l'œil sont organisés de façon à former des muscles larges.

Dans le cœur les fibres musculaires sont *striées* et leur disposition est extrêmement complexe. Les cavités qu'elles entourent sont celles des oreillettes et des ventricules, et ainsi que nous l'avons vu quand leurs fibres se contractent elles le font soudainement et simultanément.

L'iris de l'œil est comme un écran au milieu duquel il existe un trou rond; ses fibres musculaires sont du genre *lisse*, c'est-à-dire sans stries, et elles sont arrangées de deux façons : les unes en cercles concentriques à l'ouverture, les autres s'irradient des bords de l'ouverture à la circonférence de l'écran. Les fibres musculaires se contractent soudainement et avec ensemble, les fibres rayonnantes agrandissent nécessairement l'orifice, les fibres musculaires le rétrécissent.

Dans le canal alimentaire les fibres musculaires sont également sans stries et sont disposées en deux couches; les unes sont parallèles à la longueur des intestins, les autres sont disposées circulairement ou à angle droit avec les premières.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut (VI, § 22), la contraction de ces fibres musculaires est successive, c'est-à-dire que sur une longueur donnée des intestins toutes les fibres musculaires ne se contractent pas simultanément; mais celles d'une extrémité commencent et les autres les suivent jusqu'à ce que toute la série se soit contractée ; quant à l'ordre des contractions, il est naturellement toujours le même de l'extrémité supérieure à l'inférieure. L'effet de cette contraction péristaltique est, nous l'avons vu, de chasser toute matière contenue dans le canal alimentaire de l'extrémité supérieure à l'inférieure. Les muscles des parois des canaux des glandes ont une organisation semblable.

6. *Muscles qui s'insèrent à des leviers solides*. La grande majorité des muscles s'insèrent à des leviers fixes formés

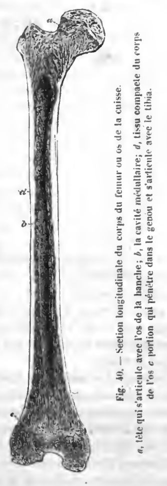


Fig. 40. — Section longitudinale du corps du femur ou os de la cuisse.
a, tête qui s'articule avec l'os de la hanche; *b*, la cavité médullaire; *d*, tissu compacte du corps de l'os *c* portion qui pénètre dans le genou et s'articule avec le tibia.

par les os dont la structure intime est expliquée, § 11, leçon XII. Dans les os qui sont ordinairement employés

comme leviers, le tissu osseux prend la forme d'un tuyau (fig. 40, *b*) formé d'une substance osseuse, dense et compacte contenant souvent une grande cavité centrale (*b*) remplie d'un tissu très-délicat et fibreux pénétré d'une graisse que l'on appelle vulgairement la moelle : vers les deux extrémités de l'os, le tissu compacte se raréfie et se transforme en une masse beaucoup plus volumineuse, mais beaucoup moins dense, semblable aux aréoles de l'éponge et que l'on nomme tissu spongieux. Toutefois la surface de cette portion de l'os reste recouverte d'une enveloppe mince de tissu compacte.

Une extrémité au moins de chacun de ces leviers osseux se façonne en une surface articulaire lisse recouverte de cartilages, qui permet à l'extrémité relativement fixe de l'os de jouer sur la surface correspondante de quelque autre os avec lequel il s'articule ; ou, au contraire, met celui-ci en état de se mouvoir sur le premier.

C'est l'une ou l'autre de ces extrémités qui joue le rôle de point d'appui quand l'os fonctionne comme levier.

Ainsi dans la figure ci-contre (fig. 41), de l'os du membre supérieur avec l'insertion du muscle biceps à l'omoplate et à l'un des deux os de l'avant-bras appelé le radius, P indique le point d'appui de la puissance (le muscle qui se contracte) sur le radius.

Mais, pour comprendre nettement l'action de ces os comme leviers, il faut connaître les différents genres de leviers et pouvoir rapporter les différentes combinaisons qu'en offrent les os à leurs genres de leviers appropriés.

Un levier est une tige rigide dont une portion est absolument ou relativement fixe tandis que le reste est mobile. L'un des points de la partie mobile de la tige est mis en mouvement par une force, en vue de communiquer plus ou moins de ce mouvement à un autre point de la partie

mobile qui présente une résistance sous forme de poids ou d'autres obstacles.

On reconnaît en mécanique trois genres de leviers; la définition de chaque genre dépend des positions relatives du *point d'appui,* du point sur lequel porte la *résistance* et du point sur lequel la force ou *puissance* va s'appliquer pour surmonter l'obstacle. Si le point d'appui est entre la

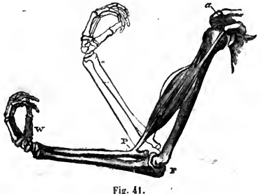


Fig. 41.

Os du membre supérieur avec le muscle biceps. On voit en *a* les deux tendons qui rattachent ce muscle à l'omoplate. P indique l'insertion du muscle au radius et par conséquent le point d'action de la puissance. F, point d'appui de la résistance. W, résistance ou poids de la main.

puissance et la résistance, de façon que quand la puissance met le levier en mouvement, la résistance et la puissance décrivent des cercles dont les concavités se regardent, on a le levier du premier genre (fig. 42, I).

Si le point d'appui est à une extrémité, la puissance à l'autre et la résistance entre les deux, de façon que la résistance et la puissance décrivent des arcs parallèles, plus petits du côté de la puissance quand le levier est en mouvement, le levier est dit de second genre (fig. 42, II).

Si enfin le point d'appui se trouvant être à une extrémité, la résistance à l'autre, et la puissance entre les deux, la puissance et la résistance décrivent des arcs concentriques, mais la puissance se meut dans un plus petit espace et le levier est dit du troisième genre (fig. 42, III).

7. Dans le corps humain, les parties suivantes offrent des spécimens de leviers du premier genre.

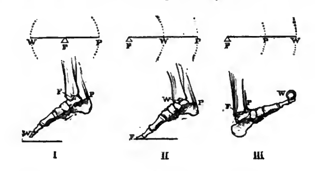


Fig. 42.

Les trois figures du premier rang représentent les trois genres de leviers; les trois figures du second rang montrent le pied quand il prend le caractère de l'un de ces genres. W, résistance; F, point d'appui; P, puissance.

a) Le crâne dans ses mouvements sur l'atlas comme point d'appui.

b) Le bassin dans ses mouvements sur la tête du fémur comme point d'appui.

c) Le pied quand il est appuyé sur les orteils, le talon levé, la résistance se trouvant être à l'articulation du cou-de-pied.

Les positions respectives de la puissance et de la résistance ne sont données dans aucun de ces cas parce qu'elles se déplacent selon les circonstances; ainsi, quand la face doit s'incliner, la puissance est appliquée sur le front, la

résistance est sur la région postérieure du crâne ; il en est de même du bassin par rapport aux jambes, selon que le corps est fléchi en avant ou en arrière ; enfin quand le talon étant à terre, les orteils s'abaissent et frappent le sol, la puissance est au talon, la résistance au-devant du pied. Mais quand les orteils se soulèvent pour répéter cet acte, la puissance est en avant et le poids ou la résistance est au talon ; la puissance et la résistance sont constituées par l'inertie et l'élasticité des muscles et des autres parties de la région postérieure de la jambe.

Mais dans ces cas le levier est toujours du premier genre parce que le point d'appui ou point fixe autour duquel tourne le levier est toujours entre la puissance et le poids ou résistance.

8. Voici trois exemples de leviers du second genre :

a) L'os de la cuisse fléchi sur le bassin et dont on ne se sert pas dans l'acte du saut à cloche-pieds. Dans ce cas, le point d'appui est à la hanche ; la puissance (que l'on peut attribuer au muscle droit antérieur de la cuisse[1]) agit sur la rotule, et la position de la résistance est représentée par celle du centre de gravité de la cuisse et de la jambe située sur un point entre la fin du genou et la hanche.

b) Une côte, quand, pendant l'expiration elle est abaissée par le muscle droit de l'abdomen.

Dans ce cas le point d'appui est au point où la côte s'articule avec l'épine, la puissance est au sternum, c'est-à-dire à l'extrémité virtuellement opposée de la côte, la résistance à surmonter est entre les deux.

c) L'élévation du corps sur les orteils, quand on se tient sur le bout des doigts et dans le premier temps d'un pas en avant (fig. 42, II).

[1] Ce muscle s'insère : en haut à la hanche, en bas à la rotule. Ce dernier os est uni au tibia par un gros ligament dit rotulien.

Le point d'appui est, dans ce cas, sur le sol sur lequel sont posés les orteils ; la puissance s'applique au talon par l'intermédiaire des muscles du mollet ; la résistance est la portion du poids du corps qui porte sur l'articulation du cou-de-pied qui se trouve évidemment entre le talon et les orteils.

9. Donnons maintenant trois exemples de leviers du troisième ordre.

a) L'épine dorsale, la tête et le bassin considérés comme une seule tige rigide qui doit être maintenue dans la rectitude sur l'articulation de la hanche (fig. 2). Le point d'appui se trouve alors à l'articulation de la hanche ; la résistance est au centre de gravité de la tête et du tronc de beaucoup au-dessus du point d'appui ; la puissance est fournie par les muscles extenseurs ou fléchisseurs de la cuisse et agit sur des points relativement voisins du point d'appui.

b) Flexion de l'avant-bras sur le bras par le muscle *biceps* quand un poids se trouve dans la main.

Dans cet exemple la résistance se trouvant dans la main et le point d'appui au coude, la puissance s'applique au lieu d'insertion du tendon du biceps près du coude (fig. 40).

c) Extension de la jambe sur la cuisse au genou.

Ici le point d'appui est au genou ; le poids est au centre de gravité de la jambe et du pied ; la puissance s'applique au tibia par l'intermédiaire du ligament de la rotule, près du genou.

10. Dans l'étude du mécanisme du corps, il importe de se rappeler qu'une seule et même partie de l'économie peut, selon les circonstances représenter chacun des trois genres de leviers. Ainsi on a vu que le pied peut dans quelques cas représenter un levier du premier genre, dans d'autres un levier du second genre. Mais il peut aussi devenir

un levier de troisième genre, lorsque, par exemple, on fait mouvoir un poids qui est sur les orteils en remuant le pied de bas en haut. Dans ce cas le point d'appui est à l'articulation du genou, la résistance aux orteils, le puissance est représentée par les muscles extenseurs de la région antérieure de la jambe qui s'insèrent entre le point d'appui et le poids (fig. 42, III).

11. Il est très-important que les leviers du corps ne glissent pas ou ne fonctionnent pas inégalement quand leurs mouvements sont étendus ; leur réunion en jointures ou articulations bien arrêtées ou fortement constituées prévient cette éventualité.

Les articulations peuvent se diviser en complètes et incomplètes.

a) Les *articulations incomplètes* sont celles dans lesquelles les leviers réunis (os ou cartilages) ne présentent point de surfaces lisses, capables de mouvements rotatoires l'une sur l'autre, mais sont unis par des cartilages ou des ligaments continus et n'ont d'autre mobilité que celle que permet la flexibilité de la substance unissante.

On trouve des exemples de ces articulations dans la colonne vertébrale ; les surfaces plates des vertèbres sont unies par des plaques épaisses d'un cartilage fibreux très-élastique, qui donnent à toute la colonne un jeu et un ressort considérables et cependant empêchent tout mouvement très-étendu entre les différents vertèbres. Les os du pubis sont réunis entre eux et les os de la hanche avec le sacrum par un tissu fibreux ou cartilagineux, qui ne permet qu'un faible jeu et ne donne qu'un peu plus d'élasticité que si l'union était effectuée par le contact direct des os.

b) Dans toutes les *articulations complètes*, les surfaces opposées des os qui se meuvent l'un sur l'autre sont recon-

vertes de cartilages et possèdent une sorte de sac formé par une membrane qui tapisse ces cartilages ainsi que les côtés de l'articulation ; cette membrane qui sécrète un liquide visqueux lubrifiant, la *synovie*, s'appelle *membrane synoviale*.

12. Les surfaces opposées des cartilages articulaires

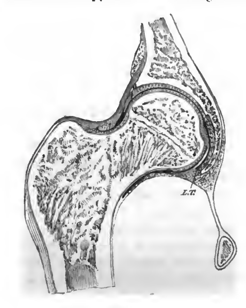


Fig. 43.
Section de l'articulation de la hanche prise à travers les cavités cotyloïdes et le milieu de la tête et du col du femur. LT, *ligamentum teres* ou ligament rond.

sont sphéroïdes, cylindriques, ou en forme de poulie ; la convexité de l'une répond plus ou moins complétement à la concavité de l'autre.

Parfois les deux cartilages articulaires ne se mettent pas en contact direct, mais sont séparés par des plaques indé-

pendantes de cartilages que l'on appelle *interarticulaires*. Les faces opposées de ces cartilages intra-articulaires reçoivent les surfaces des cartilages articulaires proprement dits.

Tandis que ces surfaces qui s'adaptent et ces membranes synoviales pourvoient à la mobilité des os qui entrent dans une jointure, la nature et l'étendue de leurs mouvements est en partie déterminée par la forme des surfaces articulaires, en partie par la disposition des ligaments, cordes fibreuses solides qui vont d'un os à l'autre.

13. Pour ce qui est de la nature des surfaces articulaires, les articulations peuvent être composées d'une tête arrondie ou sphéroïde qui vient se placer dans une petite coupe creusée dans un os; un bilboquet en donne assez bien l'idée. Dans cet exemple le mouvement de la tête arrondie peut se produire dans toutes les directions, mais l'étendue de ce mouvement dépend de la forme de la coupe; il est très-grand quand elle n'est pas profonde, et petit en proportion quand elle est profonde. L'épaule a une articulation de ce genre avec une coupe peu profonde (cavité *coracoïde*); la cuisse avec une coupe profonde (cavité *cotyloïde*).

14. Les articulations à charnières (ginglymes) sont simples ou doubles. Dans le premier cas, la tête à peu près cylindrique d'un os s'adapte à une concavité correspondante de l'autre. Dans cette forme de charnière, le seul mouvement possible est dans la direction d'un plan perpendiculaire à l'axe du cylindre, de même qu'une porte ne peut se mouvoir qu'autour d'un axe qui passe par ses gonds. Dans le corps humain, le coude est le meilleur exemple de cette forme d'articulation. Le genou et le cou-de-pied en offrent des spécimens moins parfaits.

L'articulation à double charnière est celle dans laquelle

la surface articulaire de chaque os est concave dans une direction et convexe dans l'autre, à angle droit avec la première. Un homme à cheval sur une selle est *articulé* avec la selle, de cette façon; en effet, la selle est concave d'avant en arrière et convexe d'un côté à l'autre. Tandis

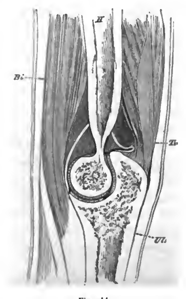


Fig. 41.
Section longitudinale et verticale du coude. H, humerus; Ul, cubitus (*ulna*); Tr, muscle triceps qui étend le bras; Bi, muscle biceps qui le fléchit.

que l'homme présente la concavité de ses jambes sur les côtés et la convexité de son siége d'avant en arrière.

L'os métacarpien du pouce s'articule avec l'os du poignet appelé trapèze par une double charnière (art. *par emboîtement réciproque*).

15. L'articulation à pivots (art. *trocoïde*) est celle dans

laquelle un os donné offre un axe ou pivot autour duquel un autre os tourne ou qui tourne lui-même autour sur son axe en s'appuyant sur un autre os. Un exemple remarquable du premier de ces deux genres est fourni par l'*atlas* et l'*axis* qui sont les deux premières vertèbres du cou (fig. 45). L'axis possède une saillie allongée verticale appelée l'*apophyse odontoïde* (*b*) ; à la base de cette saillie se trouvent deux surfaces articulaires placées obliquement (*a*). L'atlas est un os en forme d'anneau muni de chaque

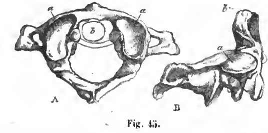


Fig. 45.

A. L'atlas vu par sa face supérieure ; *aa*, surfaces articulaires supérieures de ses masses latérales pour les condyles du crâne ; *b*, l'apophyse odontoïde de l'axis. B. Vue latérale de la vertèbre axis ; *a*, surface articulaire pour la masse latérale de l'atlas ; *b*, apophyse odontoïde.

côté d'une épaisseur massive. La face interne de la région antérieure de l'anneau tourne autour du col de l'apophyse odontoïde et les surfaces inférieures des masses latérales glissent sur les surfaces articulaires qui se tournent de chaque côté de la base de l'apophyse. Un fort ligament passe entre les faces internes des deux masses latérales de l'atlas et maintient en place le côté postérieur du col de l'apophyse odontoïde (fig. 45 A). Par cet arrangement l'atlas peut tourner des deux côtés sur l'axis dans une étendue angulaire considérable sans danger de se retourner en avant ou en arrière, accident qui détruirait

immédiatement l'existence par l'écrasement de la moelle épinière.

Les masses latérales de l'atlas offrent sur leurs faces supérieures des concavités (fig. 45, A*a*), dans lesquelles se placent les deux condyles convexes de l'occipital ou os postérieur du crâne et dans lesquelles les condyles se meuvent d'arrière en avant et *vice versa*. L'inclinaison affirmative de la tête est donc effectuée par le mouvement du crâne sur l'atlas, tandis qu'en tournant la tête à droite et à gauche, le crâne reste fixé sur l'atlas, mais l'atlas tourne avec le crâne autour de l'apophyse odontoïde de l'axis.

Le second genre d'articulations à pivot se voit à l'avant-bras. Si le coude et l'avant-bras jusqu'au poignet reposent sur une table et que le coude soit fixé, la main, néanmoins, tourne librement de façon que la paume soit successivement tournée vers le haut ou vers le bas. Quand la paume regarde en haut, la main est dite *en supination* (fig. 46, A), quand c'est le dos qui est en haut, la main est dite *en pronation* (fig. 46, B).

L'avant-bras se compose de deux os ; l'un, le cubitus, s'articule avec l'humérus au niveau du coude par la charnière (ginglyme) décrite plus haut, de façon qu'il ne peut se mouvoir que dans la flexion et l'extension et qu'il n'a pas le mouvement de rotation ; de sorte que quand le coude et le poignet sont fixés sur une table, cet os demeure sans mouvement. Mais le second os de l'avant-bras, le radius, a sa petite extrémité supérieure taillée en forme de coupe peu profonde avec des bords épais. La face creuse de la coupe s'articule avec une surface sphéroïde (*condyle*) qui appartient à l'humérus, le bord avec une dépression concave pratiquée sur le cubitus (*petite cavité sigmoïde*).

L'extrémité inférieure volumineuse du radius supporte la main et a du côté du cubitus une surface concave qui

s'articule avec le côté convexe de la petite extrémité inférieure de cet os.

Ainsi l'extrémité supérieure du radius tourne sur la double surface qui lui est fournie par la face arrondie (*condyle*) de l'humérus et par la cavité partielle du cubi-

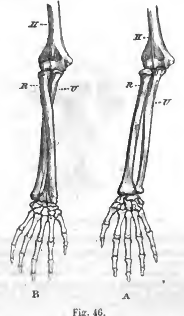


Fig. 46.
Os de l'avant-bras en supination A et en pronation B ; H, humérus, R, radius ; U, cubitus (*ulna*).

tus (*petite cavité sigmoïde*), tandis que l'extrémité inférieure du radius peut tourner sur la surface qui est fournie par l'extrémité inférieure du cubitus.

Dans la supination, le radius est parallèle au cubitus avec son extrémité inférieure à l'extérieur du cubitus (fig. 46, A). Dans la pronation il tourne sur son axe en

haut, et autour du cubitus en bas, jusqu'à ce que sa moitié inférieure croise le cubitus et que son extrémité inférieure se trouve sur le côté interne du cubitus (fig. 46, B).

16. Les ligaments qui maintiennent unies les surfaces mobiles des os, sont, dans les articulations où une tête arrondie est reçue dans une cavité (*enarthrose*), de fortes

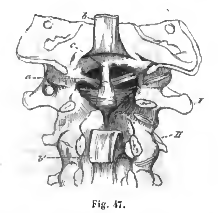


Fig. 47.

Colonne vertébrale ouverte dans la portion supérieure du cou pour montrer *a* les ligaments odontoïdiens de l'axis ; *b*, le ligament large qui s'étend du bord antérieur du trou occipital le long de la face postérieure des vertèbres ; ce ligament est coupé et son extrémité est relevée pour qu'on puisse voir *c* ligament odontoïdien *médian* qui joint le sommet de l'apophyse avec le bord antérieur du trou occipital ; I, l'atlas ; II, l'axis.

capsules fibreuses qui enveloppent la jointure de tous côtés. Dans les charnières (ginglymes) ou poulies, le tissu ligamenteux prend la forme de *ligaments latéraux* sur les côtés des jointures. Dans quelques articulations, les ligaments sont à l'intérieur des articulations comme au genou ou des paquets de fibres qui croisent obliquement le fémur et le tibia sont appelés ligaments *cruciaux ;* ou comme à la hanche où le *ligament rond* passe du fond de la cavité

cotyloïde à la tête arrondie formée par l'extrémité du fémur (fig. 43).

Au cou, deux ligaments passent du sommet de l'apophyse odontoïde aux bords du trou occipital. Ces ligaments s'opposent à la rotation excessive de la tête sur le cou ; un troisième s'insère entre les deux précédents (fig. 47, *c*). Ils portent le nom de ligaments odontoïdiens.

Dans l'une des articulations du corps humain, la hanche, la coupe ou cavité cotyloïde adhère si étroitement à la tête du fémur et la capsule ligamenteuse ferme si complétement sa cavité de tous côtés que la pression de l'air doit être mise au nombre des causes qui empêchent la dislocation. Ce fait a été établi expérimentalement en perçant un trou à travers le fond de la cavité de façon à permettre l'accés de l'air ; le fémur tombe alors tout d'un coup, d'autant que les ligaments rond et capsulaire le permettent, ce qui montre qu'il était maintenu en contact par la pression atmosphérique.

17. Les différents genres de mouvements que des leviers articulés, comme nous venons de le voir, sont capables d'exécuter sont appelés : *flexion* et *extension ; abduction* et *adduction; rotation* et *circumduction.*

Un membre est en flexion quand ses deux extrémités se rapprochent ; en extension quand elles s'éloignent ; en abduction quand il s'écarte de l'axe du corps ; en adduction quand il s'en rapproche autant que possible, en rotation quand il tourne sur son axe, en circumduction quand il décrit une surface conique par rotation autour d'un axe imaginaire.

Aucune partie du corps n'est apte à tourner à la manière d'une roue ; il est évident qu'un tel mouvement déchirerait les nerfs, les vaisseaux, les muscles, etc., qui unissent toutes les parties entre elles.

18. Étant donnés deux os réunis par une jointure, ils peuvent être mus l'un sur l'autre dans deux directions différentes au moins. Dans le cas des articulations à charnières (ginglymes) simples, ces directions sont opposées et dans le même plan; mais dans toutes les autres articulations, les os peuvent être mus en plusieurs directions et dans plusieurs plans.

Dans le cas d'une articulation à charnière simple, les deux mouvements possibles seront effectués en insérant des muscles aux os qui sont sur les côtés opposés des jointures, c'est-à-dire sur le côté vers lequel l'un des os se déplace, et sur le côté d'où il vient. Quand l'articulation fléchit, l'un ou l'autre de ces muscles se contracte, il rapproche ses extrémités d'insertion et fléchit ou étend, selon les cas, la jointure vers le côté sur lequel la seconde insertion se trouve placée.

Ainsi le muscle *biceps* (B*i*, fig. 44) fléchit et le *triceps* (T*r* fig. 44) étend l'avant-bras sur le bras.

Dans l'autre forme extrême d'articulation que nous avons comparée au bilboquet avec sa boule (*enarthrose*), des mouvements peuvent se produire dans tous les plans en attachant des muscles en nombre suffisant et selon les directions correspondantes d'un côté à l'os auquel appartient la cupule, de l'autre à celle qui fournit la tête. La *circumduction* se produit par la contraction combinée et successive des muscles.

19. Il arrive ordinairement que l'os auquel est fixée l'extrémité d'un muscle est absolument ou relativement fixe, tandis que celui auquel l'autre extrémité est attachée est mobile. Dans ce cas, les insertions se distinguent en *fixes* et *mobiles*.

Les fibres des muscles sont quelquefois attachées directement sur des parties qui leur servent d'insertions fixes et

mobiles ; mais le plus ordinairement des cordes résistantes ou des bandes de tissus fibreux, appelées tendons, s'interposent entre le muscle propre et son insertion fixe ou mobile. Quand ces tendons jouent sur des surfaces dures, elles en sont ordinairement séparées par des sacs qui contiennent un liquide et que l'on nomme des bourses ; parfois même ils sont enveloppés de sacs synoviaux.

Habituellement la direction de l'axe d'un muscle est celle d'une ligne droite qui joint ses deux insertions. Mais dans quelques muscles, tels que l'*oblique supérieur de*

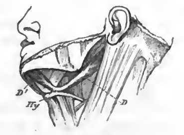


Fig. 48.
Trajet du muscle digastrique. D. son ventre postérieur. D', son ventre antérieur entre les deux ventres se trouve le tendon qui passe par la poulie attachée à Hy os hyoïde.

l'œil, le tendon passe sur une poulie formée par un ligament et change complétement de direction avant d'atteindre son insertion. (Voy. leçon IX.)

On voit encore des muscles charnus à leurs extrémités et pourvus d'un tendon à leur centre. Ces muscles sont appelés *digastriques* ou à deux ventres. Dans ce muscle si curieux qui abaisse la mâchoire inférieure, et qui porte spécialement le nom de digastrique, le tendon du milieu glisse sur une partie qui est en rapport avec l'os hyoïde ; le muscle qui va en bas et en avant, du crâne à cette poulie,

aprés l'avoir traversée se dirige en haut et en avant vers la mâchoire inférieure.

20. Nous pouvons maintenant passer de l'étude du mécanisme des mouvements à celui de la locomotion.

Quand un homme, qui se tient debout sur ses deux pieds, se met en marche en commençant par la jambe droite, le corps s'incline de façon à placer en avant le centre de gravité; le pied droit étant levé, la jambe droite s'avance de la longueur d'un pas et le pied se pose de nouveau sur le sol. Entre temps, le talon gauche se lève, mais les orteils du pied gauche n'ont pas quitté le sol quand le pied droit l'a atteint, de sorte qu'il n'y a pas un moment où les deux pieds soient simultanément en l'air; pendant un moment, les jambes forment les deux côtés d'un triangle équilatéral et le centre du corps est conséquemment plus bas qu'il ne l'était lorsque les deux jambes étaient paralléles et réunies.

Cependant le pied gauche a fait plus que changer de position; les muscles du mollet entrant en jeu, agissent sur le pied comme un levier du second genre et lancent le corps — dont le poids repose principalement sur l'astragale gauche, — en haut, en avant et à droite. La quantité de mouvement qui est ainsi communiquée au corps, lui fait décrire ainsi qu'à la jambe droite un arc de cercle qui a pour centre l'astragale droite. En conséquence, le centre du corps se relève à la hauteur qu'il avait précédemment, à mesure que la jambe droite se place dans la verticale, et descend de nouveau à mesure que la jambe droite s'incline en avant.

Quand le pied gauche a quitté le sol, le corps repose sur la jambe droite et se trouve bien en avant du pied gauche; de sorte que sans aucune dépense musculaire ultérieure, le pied gauche se trouve mu en avant comme

un pendule et est transporté par son mouvement acquis au delà du pied droit, position à laquelle le second pas est achevé.

Quand les intervalles des pas sont distribués de façon que chaque jambe, dans son mouvement de pendule, vienne se placer en avant pour effectuer un nouveau pas sans effort musculaire de la part du marcheur, la marche s'effectue avec la plus grande économie possible de force. Et comme la jambe suspendue est un véritable pendule, dont les vibrations — toutes choses d'ailleurs égales — ont une durée proportionnelle à sa longueur (les pendules courts se balancent plus vite que les longs); il s'ensuit que — en moyenne — le pas naturel des personnes qui ont des jambes courtes, est plus rapide que celui de ceux qui ont des jambes longues.

Dans la course, il y a un moment où les deux jambes ont à la fois quitté le sol. Les jambes sont portées en avant par une contraction musculaire, et l'action du levier de chaque pied est saccadée et violente. En réalité l'action de chaque jambe ressemble dans une course violente à celle qui constitue le saut quand les deux jambes agissent simultanément, l'extension brusque des jambes ajoutant à l'impulsion qui dans la marche lente n'est donnée que par les pieds.

21. L'appareil moteur le plus singulier du corps est peut-être le larynx par l'action duquel la voix se produit.

Les conditions essentielles pour la production de la voix humaine sont :

a) L'existence des cordes vocales;

b) Le parallélisme des bords de ces cordes sans lequel elles ne pourraient vibrer de façon à produire des sons ;

c) Un certain degré d'épaisseur des cordes vocales au-

dessous duquel elles ne pourraient vibrer assez vite pour produire des sons;

d) Le passage, entre les bords parallèles des cordes vocales, d'un courant d'air assez fort pour faire entrer ces cordes en vibration.

22. Les cordes vocales ne sont pas, à proprement parler,

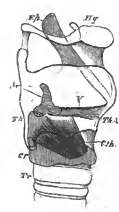


Fig. 49.

Diagramme du larynx. On a supposé que le cartilage thyroïde était transparent, ce qui permet de voir le cartilage arythénoïde droit (*Ar*), le ligament vocal (V) et le muscle thyro-arythénoïdien (Th*A*); la partie supérieure du cartilage cricoïde (*Cr*) et l'insertion de l'épiglotte (*Fp*); *Cth*, muscle crico-thyroïdien droit; *Tr*, trachée; *Hy*, l'os hyoïde.

des cordes, mais des coussins élastiques à larges bases fixées au larynx et aux bords tranchants libres qui constituent les limites latérales de la glotte. En avant les extrémités des bords de ces coussins vocaux sont attachées, étroitement réunies, à l'angle rentrant du cartilage thyroïde; en arrière, aux cartilages arythénoïdes. Ceux-ci, abandonnés à eux-mêmes, divergent de telle sorte qu'à l'état de repos, l'ouverture de la glotte a la forme d'un V,

la pointe du V étant en avant, la base en arrière (fig. 51). Dans ces conditions un courant d'air passant à travers la glotte ne produit aucun son ; aussi l'expiration et l'inspiration se passent d'ordinaire en silence.

23. Le cartilage thyroïde est une large lame de cartilage repliée en forme de V et disposée de telle sorte que

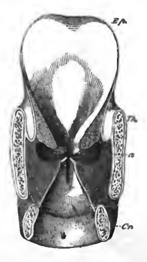


Fig. 50.

Section verticale et transversale à travers le larynx ; on a enlevé la moitié postérieure. Ep, épiglotte; Th, cartilage thyroïde; a, cavités appelées ventricules du larynx au-dessus du ligament vocal (V); ×, muscle thyro-arythénoïdien droit coupé en travers ; Cr, cartilage cricoïde.

la pointe du V est tournée en avant, et constitue ce qu'on appelle d'ordinaire la « pomme d'Adam. » En haut, le cartilage thyroïde est attaché à l'os hyoïde. En dessous et en arrière, ces larges faces se terminent en petits prolongements appelés *cornes* qui sont réunis par des ligaments avec l'extérieur d'un grand anneau cartila-

gineux, le cartilage cricoïde qui forme, pour ainsi dire, le toit du conduit de l'air.

L'anneau cricoïde est beaucoup plus haut en arrière qu'en avant, et un intervalle qui n'est occupé que par une membrane existe entre le bord supérieur et le bord inférieur de la région antérieure du cartilage thyroïde quand

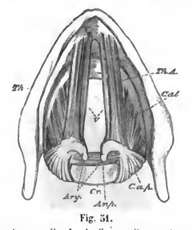


Fig. 51.

La glotte disséquée, vue d'en haut. Cr, cartilage cricoïde; Th, cartilage thyroïde; ThA, muscle thyro-arythénoïdien; V, bords des ligaments vocaux qui bordent la glotte; Ary, cartilages arythénoïdes; ThA, cartilage thyro-arythénoïde; Cal, cartilage crico-arythénoïde latéral: Cap, cartilage crico-arithénoïde postérieur; Arp, muscle arythénoïde postérieur.

ce dernier est horizontal. Ce cartilage, tournant donc sur l'articulation de ses cornes avec la partie postérieure du cricoïde, à la manière des charnières, peut être mû de haut en bas dans l'espace laissé par cette membrane. Quand il se meut en bas, la distance entre la partie antérieure du cartilage thyroïde et le dos du cricoïde s'augmente nécessairement; elle diminue au contraire, quand il revient à la position horizontale. Il se trouve, de chaque côté, un gros muscle, le crico-thyroïdien qui va obliquement du

côté externe du cartilage cricoïde au thyroïde, en haut et en arrière, et tire ce dernier en bas.

24. Les deux cartilages arythénoïdes sont posés côte à côte sur le bord supérieur de la partie postérieure du cricoïde et s'articulent mollement avec lui. Les muscles sont disposés de façon à les rapprocher ou à les éloigner l'un

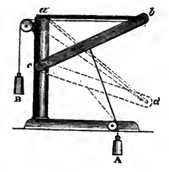


Fig. 52.

Diagramme d'un appareil qui montre le jeu des leviers et des muscles du larynx; le pilier vertical représente les cartilages cricoïdes et arythénoïdes; la tige (*bc*) est mobile sur un pivot en *c* et représente le cartilage cricoïde; *ab*, est une bande élastique qui représente le ligament vocal. Parallèle à ce ligament, se trouve une corde attachée à une extrémité de la tige *bc* et dont l'autre extrémité porte le poids BC; une poulie se trouve entre les deux extrémités. Cette corde représente le muscle thyro-arythénoïde. Une corde attachée au milieu de *bc* et passant sur une seconde poulie au poids A représente le muscle crico-arythénoïde. Il est évident que quand la lame de bois *bc* est abaissée en *cd* la bande élastique *ab* se trouve étendue.

de l'autre, et une paire de muscles forts, qui vont de leur base à l'angle rentrant du thyroïde le long des cordes vocales — les muscles *thyro-arythénoïdiens* — tendent à tirer en haut les cartilages thyroïdes quand ils ont été abaissés par les muscles crico-thyroïdiens.

Quand les muscles *arythénoïdes postérieurs*, qui passent entre les deux cartilages arythénoïdes se contractent, ils

se rapprochent l'un de l'autre ; ils rapprochent aussi les extrémités postérieures des cordes vocales et leur font des bords parallèles. Les muscles expirateurs chassent l'air du poumon à travers le larynx, et une note musicale se produit.

25. Toutes choses d'ailleurs égales, la note musicale sera haute ou basse, selon que les cordes vocales seront tendues ou relâchées ; or, ceci dépend de la prédominance relative de la contraction du muscle crico-thyroïdien ou du thyro-arythénoïdien. Car, lorsque les muscles thyro-arythénoïdiens sont tout à fait contractés, le cartilage thyroïde sera tiré en haut aussi loin qu'il peut aller et les cordes vocales seront relativemant relâchées, tandis que, quand les muscles crico-thyroïdiens sont tout à fait contractés, le cartilage thyroïde sera abaissé autant que possible et les cordes vocales seront plus tendues.

L'*étendue* d'une voix quelconque dépend de la différence de tension qui peut être donnée aux cordes vocales dans ces deux positions du cartilage thyroïde. La *justesse* du chant dépend de la précision avec laquelle le chanteur peut volontairement ajuster les contractions des muscles thyro-arythénoïdiens et crico-thyroïdiens, de façon à donner à ces cordes vocales la tension exacte à laquelle leurs vibrations donnent ces notes demandées.

D'un autre côté, la *qualité* de la voix, *soprano, basse* ou *ténor*, dépend de la forme particulière du larynx, de la longueur primitive des cordes vocales, de leur élasticité, de la résonnance des parties avoisinantes, etc.

Ainsi les hommes ont des voix plus graves que les enfants et les femmes, parce que leurs larynx sont plus grands et leurs cordes vocales plus longues; d'où il suit que, quoique également élastiques, elles vibrent moins rapidement.

26. La parole est la voix modulée par le gosier, la langue et les lèvres. Ainsi la voix peut exister sans la parole et l'on dit souvent que la parole peut exister sans la voix comme dans le *chuchotement*. Ceci n'est vrai cependant que si le sens du mot voix est limité aux sons produits par la vibration des cordes vocales; car dans le chuchotement il y a une sorte de voix produite par les vibrations des parois musculaires des lèvres, qui de la sorte remplacent les cordes vocales; le chuchotement n'est en effet qu'un sifflement très-bas.

La modulation de la voix en parole s'effectue par les changements de forme de la cavité de la bouche et du nez, par l'action des muscles qui meuvent les parois de ces parties. Ainsi, si la série des voyelles

A, O, U, E, I,

étant prononcée successivement, on s'aperçoit qu'elle peut être produite en une seule expiration tandis que la bouche reste ouverte. Mais la forme de son ouverture changeant pour chaque voyelle, elle sera plus étroite dans l'U, plus large dans l'A et plus arrondie avec les lèvres en avant dans l'O.

Certaines consonnes peuvent être aussi prononcées sans interrompre le courant d'air expiré par une modification de la forme de la gorge et de la bouche.

Ainsi, l'H aspiré est produit par une expiration forcée, sorte de commencement de toux. S et Z, le J et le G doux L, R, F, V peuvent pareillement être façonnés par des courants d'air continus à travers la bouche dont la cavité est modifiée dans sa forme par la langue et les lèvres.

27. Tous les sons vocaux notés jusqu'ici se ressemblent, en ce sens que leur production ne nécessite pas l'arrêt du

courant d'air qui traverse l'un ou l'autre des passages modulateurs.

Mais les sons de M et N ne peuvent être formés qu'en interrompant le courant d'air qui passe à travers la bouche, tandis qu'un libre passage lui est laissé par le nez. Pour M, la bouche est formée par les lèvres; pour N, par l'application de la langue au palais.

28. Les autres sons des consonnes de nos langues sont produits en fermant à la fois les orifices du nez et celui de la bouche, et pour ainsi dire, en chassant le courant expiratoire à travers les obstacles que leur forme la bouche; le caractère particulier de chaque consonne leur donne leur particularité. Ainsi, en produisant les consonnes B et P les lèvres se ferment et sont ensuite poussées de façon à s'ouvrir brusquement; aussi appelle-t-on ces consonnes *explosives*. Pour T et D, consonnes *dentales*, le passage de la bouche est soudainement bouché par l'application de la pointe de la langue aux dents ou à la région antérieure du palais; pour K et G dur le milieu et la base de la langue sont poussés contre le fond du palais.

29. Un larynx artificiel peut être construit en ajustant convenablement des bandes élastiques qui tiennent lieu de cordes vocales, et quand un courant d'air est poussé à travers ces bandes, leur tension réglée, peut donner lieu à toutes les notes de la voix humaine. Comme chaque voyelle et chaque consonne est produite par un changement dans la forme des cavités qui sont au-dessus du larynx naturel, on peut obtenir les sons des différentes lettres en plaçant au-dessus du larynx artificiel des cavités auxquelles on peut donner les formes voulues. C'est sur ces faits et ces principes que l'on a construit plusieurs machines parlantes.

30. Quoique l'on accuse la langue de bien des méfaits,

et qu'on lui en fasse porter la responsabilité, elle n'est pas absolument indispensable à la parole, bien qu'elle joue dans sa production un rôle important. Aussi les histoires prétendues fabuleuses de gens qui ont pu parler après l'ablation de leur langue par des tyrans ou des persécuteurs peuvent être parfaitement vraies.

J'ai eu, il y a quelques années, l'occasion d'examiner une personne dont la langue avait été enlevée aussi complètement qu'un chirurgien habile pouvait le faire. Quand la bouche était largement ouverte, on voyait la face coupée de la base de la langue recouverte d'une nouvelle membrane muqueuse et au niveau des piliers antérieurs du voile du palais. On voyait difficilement le dos de la langue ; mais je crois que je pouvais distinguer quelques-unes des papilles en forme de calice; aucune papille n'était visible sur la portion amputée de la langue qui avait été conservée dans l'alcool et qui, à mon appréciation, avait environ 6 centimètres.

Quand sa bouche était ouverte, M. X... ne pouvait pas avancer sa langue au delà de la position dans laquelle je la vis; mais il m'apprit que, la bouche fermée, la base de la langue pouvait venir de beaucoup en avant.

La conversation de M. X... était parfaitement intelligible; et les mots *think*, *the*, *cow Kilt* étaient très-bien et clairement articulés. Mais le mot (anglais) tin devenait *fin ;* tack, *fack* ou *pack ;* toll, *pool ;* dog, *thog ;* dine, *vine ;* dew, *thew ;* cat, *calf ;* mad, *madf ;* goose, *gooth ;* big, pig; *bich*, *pitch ;* avec *ch* guttural.

En résumé, il n'y avait d'endommagé que la prononciation des lettres dont la formation demande l'usage de la langue; et parmi celles-ci les deux seules qui comprenaient l'emploi de sa pointe étaient tout à fait au-dessus des moyens de M. X... Il transformait tous les *ts* et *ds* en

fs, *ps*, *vs*, ou *ths* ; le *th* (anglais) était toujours net ; *s* en *sh*, *l* en *r* avec plus ou moins de bégayement. Les *g* et les *k* au commencement des mots étaient bons ; mais le *g* final était guttural. Dans le premier cas, l'arrêt imparfait du courant d'air par la base de la langue était sans importance parce que le son se fondait dans celui de la voyelle suivante ; tandis que, quand la lettre était la dernière, ce défaut devenait tout à coup sensible.

LEÇON VIII

SENSATIONS ET ORGANES DES SENS

1. L'agent à l'aide duquel tous les organes moteurs (à l'exception des cils vibratiles, leçon VII, § 3), décrits dans la leçon précédente, sont mis en mouvement, est la *fibre musculaire*. Mais dans le corps vivant, la fibre musculaire se contracte seulement en vertu d'un changement qui s'opère dans les nerfs *moteurs* ou *efférents* qui s'y distribuent. Ce changement n'est accompli que par l'activité de l'organe nerveux central avec lequel le nerf moteur est en rapport. Cet organe central est mis en activité immédiatement ou finalement par l'influence d'un changement qui s'opère dans les conditions moléculaires des nerfs appelés *sensitifs* ou *afférents* qui sont en rapport d'un côté avec l'organe central, d'un autre côté avec quelque autre portion du corps. Enfin la modification moléculaire du nerf afférent n'est elle-même produite que par des changements dans la condition de la partie du corps avec laquelle elle est en rapport, modification qui est ordinairement liée à des impressions extérieures.

2. Ainsi la grande majorité des mouvements du corps et de ses parties—sinon tous — résulte d'une influence (*stimulus* ou *irritation*) qui agit directement ou indirectement sur les extrémités des nerfs sensitifs ou afférents et donne lieu à un changement moléculaire qui se propage le long de leur substance à l'organe nerveux central avec lequel ils sont en rapport. L'activité moléculaire du nerf afférent se propage à l'organe central et est renvoyée de là le long des nerfs moteurs ou efférents qui vont de l'organe central aux muscles qui fonctionnent.

Quand un changement s'opère dans les conditions moléculaires des nerfs efférents et atteint leurs terminaisons, il se transmet aux fibres musculaires et fait prendre une nouvelle attitude à leurs particules, de façon que chaque fibre se raccourcit et s'épaissit.

3. Une série de modifications moléculaires pareilles à celles que nous venons de décrire, centripèdes et centrifuges, s'appelle une action réflexe; le trouble causé par l'irritation de la surface se trouve pour ainsi dire *réfléchi* le long des nerfs moteurs jusqu'aux muscles.

Une action réflexe — rigoureusement réflexe — s'opère sans que nous en ayons conscience et des centaines d'actions de cet ordre se passent continuellement dans notre économie, à notre insu. Mais il arrive fréquemment que nous savons que, quelque chose se passe, quand un stimulus affecte nos nerfs afférents, grâce aux *sensations* que nous ressentons. Nous pouvons classer ces sensations avec les *émotions*, les *volitions* et les *pensées* dans la catégorie des *états de conscience*. Ce qu'est la *conscience* d'un acte qui s'opère en nous, nous l'ignorons; comment il se fait qu'un phénomène aussi remarquable que l'apparition de la conscience des actes, se montre comme résultat de l'irritation du tissu nerveux, — nous ne pouvons pas nous

en rendre compte plus que de l'apparition des Djins, quand Aladin souffle sa lampe; — d'ailleurs tous les faits ultimes de la nature se trouvent dans le même cas.

4. Les sensations offrent plusieurs degrés déterminés. Les unes se passent en nous-mêmes, nous ne savons où ni comment, et restent vagues et indéfinies. Telles sont les sensations de malaise, d'évanouissement, de fatigue et d'agitation. Nous ne pouvons assigner à ces sensations aucun siége déterminé; elles résultent probablement d'un état particulier du sang qui agit sur les nerfs qui se rendent aux centres nerveux, ou sur les tissus auxquels se rendent ces mêmes nerfs. Quelque réelles que puissent être ces sensations et quelque largement qu'elles figurent dans la somme de nos plaisirs et de nos douleurs, elles ne nous apprennent rien du monde extérieur. Elles ne sont pas seulement *diffuses*, elles sont encore *subjectives*, c'est-à-dire sans liaison directe avec l'extérieur.

5. Ce qu'on appelle le *sens musculaire* est moins vaguement localisé, bien que le siége de cette sensation ne soit pas très-exactement défini. Cette sensation musculaire est le sentiment de résistance qui se manifeste quand un genre quelconque d'obstacles s'oppose au mouvement du corps ou d'une portion quelconque du corps; c'est un quelque chose tout à fait différent du sentiment de contact ou même de pression.

Posez une main à plat sur son revers, étendue sur une table et posez un disque de carton de 5 centimètres de diamètre sur l'extrémité des doigts; la seule sensation qui en résultera sera celle du *contact*, car la pression d'un corps si léger sera inappréciable. Mais mettez un poids de 2 livres sur le disque et la sensation de contact sera accompagnée de celle de *pression*, si même elle n'en est effacée. Jusqu'à ce moment, les doigts et la main sont restés

sur la table ; si maintenant vous soulevez la main, une autre et nouvelle sensation apparaîtra : celle de *résistance à l'effort*. Cette sensation se montrera en même temps que l'effort des muscles pour soutenir le bras, et c'est la conscience de cet effort qui nous est donné par le sens musculaire.

Quiconque lève ou porte un poids sait très-bien qu'il a cette sensation ; mais il peut se trouver très-embarrassé de dire où il la ressent. Néanmoins le sens musculaire est en soi fort délicat et nous permet de former des jugements assez exacts de l'intensité des résistances. Les personnes qui sont dans le commerce des marchandises qui se vendent au poids, sont toujours en état de donner une appréciation très-exacte des poids de ces marchandises, en les pesant dans la main, et cela dépend dans une grande mesure du sens musculaire.

6. Dans un troisième groupe de sensations, chaque sensation, à mesure qu'elle se produit, est rapportée à une partie définie du corps, et est causée par un stimulant appliqué à cette partie ; mais les corps ou les forces qui peuvent agir comme stimulants offrent des caractères très-divers. Telles sont les sensations du toucher, du goût et de l'odorat qui sont limitées aux membranes qui recouvrent la surface du corps et tapissent les cavités de la bouche et du nez.

Enfin, il existe un quatrième groupe de sensations, chacune desquelles demande pour se produire l'application d'un seul et même genre de stimulant à une partie très-modifiée du tégument interne. Ces parties modifiées servent d'intermédiaire entre l'agent physique de la sensation et le nerf sensoriel qui doit transmettre au cerveau l'impulsion nécessaire pour éveiller cet état de conscience que nous appelons la sensation. Telles sont les sensations

de la *vue* et de l'*ouïe*. Les agents physiques, qui seuls peuvent provoquer ces sensations (dans des circonstances normales) sont la lumière et le son. Les régions modifiées de tégument interne qui seules sont aptes à servir d'intermédiaire entre les agents et les nerfs sont l'*œil* et l'*oreille*.

7. Dans chaque organe sensoriel il faut distinguer l'expansion terminale du nerf afférent ou sensitif et l'appareil qui sert d'intermédiaire entre cette expansion et l'agent physique qui donne naissance à la sensation.

En outre, dans chaque groupe de sensations spéciales, certains phénomènes dépendent de la conformation de cet appareil, — d'autres dépendent de l'opération des matériaux qui ont été recueillis par les nerfs sensoriels, sur l'appareil central du système nerveux.

8. Le sens du TOUCHER (qui comprend celui de la température) est possédé, avec plus ou moins de finesse, par toutes les régions de la surface libre du corps et par les parois de la bouche et les cavités nasales.

Toutes les parties qui possèdent ce sens sont formées d'une membrane, peau ou muqueuse, composée : 1° d'une couche profonde faite de tissu fibreux contenant un réseau de capillaires et des terminaisons finales des nerfs sensitifs; 2° d'une couche superficielle consistant en cellules épithéliales ou épidermiques, au sein de laquelle il n'y a ni nerfs ni vaisseaux.

Partout où le sens du toucher est délicat, la couche profonde n'est pas une simple expansion plate, mais elle se soulève en une multitude de petites élévations coniques fort rapprochées qui portent le nom de *papilles*. Dans la peau, la couche de cellules épithéliales ou épidermiques ne suit pas le contour de ces papilles, mais plonge entre

elles et les recouvre ensuite d'une couche sensiblement égale. De sorte que les extrémités des papilles sont beaucoup plus voisines de la surface que le plan général de la couche profonde d'où ces papilles s'élèvent.

Des anses de vaisseaux pénètrent dans les papilles et les fines terminaisons ultimes des fibres nerveuses sensorielles distribuées à la peau se perdent dans son épaisseur, on ne sait pas encore exactement sous quelle forme.

Dans quelques cas, des enveloppes fibreuses très-minces, qui s'appellent *névrilemmes* et recouvrent les nerfs qui entrent dans les papilles, les agrandissent et forment une épaisseur ovale qui prend le nom de *corpuscule du tact.* (Voy. leç. XII.) On ne rencontre ces corpuscules que dans les papilles des régions qui sont douées d'un sens de toucher très-délicat, telles que le bout des doigts, la pointe de la langue, etc.

9. D'après ce que nous avons dit, on peut conclure qu'évidemment aucun contact direct ne se passe entre les corps touchés et les nerfs sensitifs ; une couche plus ou moins fine se trouve toujours entre ces deux éléments de la sensation; si même cette couche est enlevée, comme le cas s'en présente quand la surface de la peau a été soumise à l'action d'un vésicatoire, le contact avec la surface ulcérée donne naissance à une sensation de douleur, mais non, à proprement parler, à une sensation de tact. Ainsi dans le toucher, c'est l'épiderme ou l'épithélium qui est intermédiaire entre le nerf et l'agent physique, la pression extérieure étant transmise à travers les cellules cornées aux extrémités sous-jacentes des nerfs, et le genre d'impulsion ainsi transmis, doit être modifié selon l'épaisseur et le caractère de la couche cellulaire, non moins que par la forme et le nombre des papilles.

10. Certains phénomènes très-curieux appartenant au

sens du toucher sont probablement dus à la diversité de ces structures anatomiques. Non-seulement la sensibilité tactile à une impression simple est beaucoup plus obscure dans quelques parties que dans d'autres — fait, dont on peut se rendre aisément compte par la différence d'épaisseur de la couche celluleuse sur divers points — mais l'aptitude à distinguer deux impressions simultanées est très-variable. Ainsi, les deux extrémités d'un compas (recouverts d'une petite boule de liége) placées à 2 millimètres de distance l'une de l'autre, sont distinctement perçues *toutes les deux*, si on les applique sur le bout des doigts; mais sur le dos de la main *une seule* impression est perçue, et sur le bras les deux points peuvent être séparés de 6 millimètres et ne donner qu'une seule impression.

Des expériences exactes ont été faites, d'où il résulte que deux points peuvent être perçus distincts sur la langue, alors même qu'ils ne seraient séparés que par une distance de 1 millimètre et sur le bout des doigts par une distance de 2 millimètres; mais sur la joue 25 millimètres ne donnent qu'une sensation unique, et sur le dos, il faut plus de 75 millimètres pour donner la sensation double.

11. La sensation de chaleur ou de froid est le résultat d'une excitation des nerfs sensitifs distribués à la peau, probablement distincts de ceux qui donnent lieu au sens du toucher. Il semblerait que la chaleur doive être transmise à travers les couches celluleuses pour donner naissance à cette sensation; car de même que le contact d'un nerf mis à nu ou d'un tronc nerveux ne produit que de la douleur, de même la chaleur ou le froid appliqués sur ces organes dans cette condition ne donnent pas lieu à la sensation de froid ou de chaud, mais seulement à une vive souffrance.

En outre, la sensation de chaud ou de froid est plutôt relative qu'absolue. Supposons que trois vases soient préparés : l'un plein d'eau à la température de la glace, le second avec de l'eau aussi chaude que possible, le troisième, avec un mélange des deux ; si l'on place la main dans le dernier, après l'avoir mise dans le premier, le mélange paraitra froid. Mais si l'on a d'abord plongé la main dans l'eau glacée et ensuite dans ce même mélange, il paraîtra chaud.

De même que le sens du toucher, la délicatesse du sens de la température varie dans les différentes régions du corps.

Les joues sont très-sensibles à la chaleur ; elles le sont plus que les lèvres ; la paume des mains est plus sensible que leur dos. C'est pourquoi la repasseuse présente son fer à la joue pour apprécier la température, et celui qui a froid présente devant le feu la paume de ses mains.

12. L'organe du sens du GOUT est la membrane muqueuse qui recouvre la langue, spécialement la région postérieure, et la région postérieure du palais.

Comme à la peau, la couche profonde ou vasculaire de la muqueuse de la langue forme des papilles élevées ; mais celles-ci sont grosses, saillantes et ont des revêtements distincts d'épithélium. Vers la pointe de la langue, les papilles sont pour la plupart allongées et pointues, et s'appellent *filiformes ;* sur le reste de la surface de la langue, elles sont mêlées à d'autres papilles plus épaisses avec de grosses extrémités et des bords étroits; on les appelle *fungiformes ;* vers la base on trouve un grand nombre de grosses papilles distribuées en forme de V dont la pointe serait en arrière ; chacune de ces papilles dites *caliciformes* ressemble à une papille fungiforme, entourée d'une paroi

plus élevée (*circumvallatæ papillæ*, fig. 53, Cp.). Les plus grosses de ces papilles en renferment de plus petites dans leur enceinte. Elles sont très-vasculaires et reçoivent des

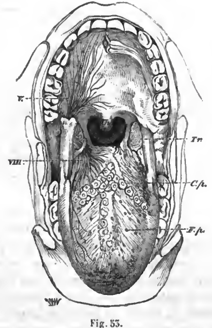


Fig. 53.

Bouche largement ouverte pour montrer la langue et le palais. Ur, la luett (uvula); Tr, les amygdales (tonsilles) situées entre les piliers antérieurs et postérieurs du voile du palais; Cp, papilles caliciformes; Fp, papilles simples ou fungiformes. De petites papilles remplissent l'intervalle lais-s entre ces deux formes de papilles. Le côté droit de la langue est légèrement disséqué pour laisser voir les filaments du nerf glosso-pharyngien.

filets nerveux de deux sources, du nerf *glosso-pharyngien* et du nerf trijumeau ou trifacial (cinquième paire des nerfs crâniens; voy. leç. XI, § 18). Ce dernier fournit principalement la région antérieure de la langue, le pre-

13

mier la région postérieure et les parties adjacentes du palais ; il y a des raisons pour croire que c'est le glosso-pharyngien qui est plus spécialement le nerf du goût.

Toutefois la grande majorité des sensations, auxquelles nous donnons le nom de goût, sont en réalité des sensations complexes dans lesquelles l'odorat et même le toucher jouent un rôle considérable.

15. L'organe du sens de l'ODORAT est la membrane muqueuse délicate qui tapisse une partie des cavités nasales, laquelle se distingue des autres régions de la membrane muqueuse de ces cavités : 1° en ce qu'elle ne possède pas de cils vibratiles ; 2° en ce qu'elle reçoit ses filets nerveux du nerf olfactif ou première paire de nerfs crâniens (XI, § 18), et non de la cinquième paire, comme le reste de la membrane muqueuse.

Chaque narine s'ouvre dans une cavité nasale spacieuse, séparée, sur la ligne moyenne de l'autre narine, par une cloison constituée en partie par des cartilages et en partie par un os. La base de chaque cavité nasale est séparée de la cavité de la bouche par un *plancher*, qui forme la portion osseuse du palais (fig. 54, 55) ; à l'extrémité de cette portion osseuse, la cloison se prolonge jusqu'à la base de la langue par un voile membraneux, portion molle du palais, qui a déjà été décrite.

La réunion du palais membraneux et de la base de la langue forme d'ordinaire une cloison mobile entre la bouche et le pharynx, et l'on remarquera que l'ouverture du larynx ou glotte se trouve derrière cette cloison ; de sorte qu'aussi longtemps que cette cloison est complète, l'air ne peut passer entre la bouche et le pharynx. Mais au-dessus et en arrière de cette cloison se trouvent les orifices postérieurs des cavités nasales (ou *narines posté-*

rieures), séparées par l'extrémité de la cloison ; l'air arrive très-facilement, par ces larges orifices, des narines à la glotte à travers la portion inférieure (cornets inférieurs) des cavités nasales, ou passe en sens contraire. C'est par ces orifices librement ouverts que nous respirons habituellement la bouche fermée.

Chaque cavité nasale s'élève comme une voûte de beaucoup au-dessus du niveau des arcades des orifices pos-

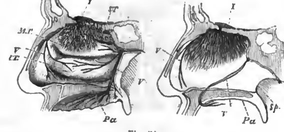


Fig. 54.

Section verticale longitudinale de la cavité nasale La figure de gauche représente la paroi externe de la cavité nasale droite ; la figure de droite représente le côté gauche de la cloison médiane du nez qui forme la paroi droite de la cavité nasale gauche ; 1, nerf olfactif et ses branches ; V, branches de la cinquième paire ; Pa, palais qui sépare la cavité nasale de la bouche ; ST, os du cornet supérieur ; MT, cornet moyen ; IT, cornet inférieur. La lettre 1 est placée dans la cavité cérébrale, et la cloison sur laquelle repose le lobe olfactif et à travers laquelle passent les filets du nerf olfactif s'appelle la *lame criblée*.

térieurs, c'est-à-dire à peu près à la hauteur de la dépression de la racine du nez. La partie supérieure et antérieure de cette voûte, son faîte et sa région antérieure, entre les yeux, sont formées par une lame osseuse très-fine, perforée comme un crible d'une quantité de petits trous, d'où elle prend le nom de *lame criblée* (fig. 55, *Cr*). C'est uniquement cette lame qui (avec la membrane muqueuse qui recouvre ses deux faces) sépare la cavité nasale de celle qui renferme le cerveau. Les lobes olfactifs

qui sont directement en rapport avec le cerveau et en constituent même une portion, s'élargissent à leurs extrémités, et les deux plus grosses de ces extrémités reposent sur la face supérieure de la lame criblée. Ces lobes envoient une grande quantité de filets nerveux à travers cette lame à la membrane muqueuse olfactive (fig. 54).

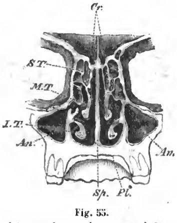


Fig. 55.
Section verticale à travers les parois osseuses de la cavité nasale prise à peu près à la lettre I de la figure 54. — Cr, lame criblée ; ST, MT, cornets supérieurs et moyens sur lesquels ainsi que sur la cloison Sp (septum, cloison) s'étalent les filets du nerf olfactif ; IT, cornets inférieurs ; Pl, le palais ; An, antre d'Hygmore ou sinus maxillaire qui occupe la plus grande partie de l'os maxillaire et s'ouvre dans la cavité nasale.

Sur les parois de la cloison nasale, cette membrane muqueuse forme une expansion plate ; mais sur les parois externes la muqueuse suit les élévations et les dépressions des surfaces supérieures de ce qu'on appelle les cornets moyens et supérieurs ou os spongieux. Ces os s'appellent *spongieux*, parce que l'intérieur de chacun d'eux renferme des cavités pleines d'air qui ne sont séparées que par des cloisons très-minces, lesquelles communi-

quent avec le canal nasal ; ces os, quoique d'une apparence solide, sont réellement très-légers et délicats, et méritent entièrement le terme de spongieux, parce que leur intérieur est formé de cavités extérieures qui ne sont séparées l'une de l'autre que par des cloisons fort délicates, qui communiquent avec la cavité nasale. Aussi ces os, quoique en apparence massifs, sont réellement légers et délicats et méritent le nom de spongieux (fig. 55). Il existe un troisième cornet osseux distinct des deux premiers et qui fait partie de l'os maxillaire ; c'est le cornet inférieur qui sépare imparfaitement le conduit de l'air de la cavité olfactive proprement dite (fig. 54). Il est recouvert de la muqueuse ciliée ordinaire des conduits nasaux et ne reçoit aucun filet du nerf olfactif (fig. 54).

14. D'après les dispositions qui viennent d'être décrites, il est évident que dans les conditions ordinaires les courants faibles, inspiratoires et expiratoires, glisseront le long des conduits directs, comparativement spacieux, représentés par les cavités nasales qui se trouvent au-dessous du cornet moyen ; et que ces courants arriveront difficilement dans l'espace étroit qui est situé entre la cloison et les os spongieux supérieurs et moyens qui sont les cavités olfactives proprement dites.

Si les courants d'air sont chargés de particules de matières odorantes, ils ne peuvent arriver à la membrane olfactive qu'en se répandant dans cet étroit espace ; et si les particules ne sont pas nombreuses, il est possible qu'elles n'arrivent jamais jusque-là, si l'air qui y séjourne n'est pas remplacé par l'air odoriférant. C'est pourquoi quand nous voulons sentir une odeur faible plus nettement, nous reniflons ou *prisons* l'air ; chaque reniflement est une inspiration soudaine dont le résultat doit atteindre l'air dans la cavité olfactive en même temps ou même plus tôt

qu'il atteint l'air des narines. Il doit aussi tendre à chasser un peu d'air de cette cavité par l'orifice postérieur; en même temps ou immédiatement après, l'air introduit par les narines pénètre avec précipitation, verticalement; une partie tend à s'écouler immédiatement dans la cavité olfactive et remplace la portion d'air qui en a été expulsée.

La perte de l'odorat qui a lieu dans le cours d'un rhume est attribuable en partie à l'état de gonflement de la membrane muqueuse qui recouvre le cornet inférieur et prévient ainsi le passage de l'air odoriférant à la cavité olfactive.

15. L'organe essentiel du sens de l'ouïe consiste de chaque côté en deux parties : le *labyrinthe membraneux* (canaux demi-circulaires membraneux) et le *canal moyen du limaçon* (scala media of the cochlea); on désigne sous ces noms deux petits organes logés au sein d'une masse osseuse, dense et solide (appelée *pétreuse*), qui forme une partie de l'os temporal et fait partie de la base du crâne.

Chacun de ces organes essentiels est en résumé un sac membraneux rempli intérieurement et baigné extérieurement d'un liquide. Chacun d'eux contient certains petits corps durs et mobiles; les derniers filets des nerfs auditifs s'étalent sur les parois de ces sacs membraneux, de façon que leurs terminaisons doivent être frappées par les vibrations de ces petits corps, si une force quelconque les met en mouvement. Il est d'ailleurs possible que les vibrations du liquide contenu dans ces sacs puissent suffire pour affecter les derniers filets des nerfs auditifs; mais ce résultat doit être en tout cas, très-augmenté par la coopération des parties solides.

Si l'on se baigne dans une mer suffisamment calme, sur

une plage rocheuse, le mouvement des petites vagues qui vont et viennent est à peine perceptible pour le spectateur couché sur la plage. Mais si cette plage est couverte de sable et de galets, le mouvement de la quantité de cailloux et de sable qui sont soulevés, puis abandonnés par les petites vagues, produit une impression très-caractérisée sur les nerfs de la peau.

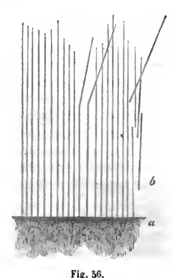


Fig. 56.
Filaments minces et droits *b*, qui sont érigés sur les parois internes de l'ampoule *b* (renflement des canaux demi-circulaires).

Or, la membrane sur laquelle les extrémités des nerfs auditifs sont étalées, est virtuellement une plage sensitive, et les vagues, qui, isolées, ne seraient point senties, sont aisément perçues, si elles ont la force de soulever et d'abandonner des particules dures.

Dans le labyrinthe membraneux, les corps durs sont

comme des filaments chevelus ou comme des particules très-petites de poussière calcaire. Ces derniers portent le nom d'*otoconies* ou *otolithes*.

L'épithélium (fig. 56) qui recouvre la terminaison des nerfs dans les ampoules (voy. § 16) se transforme en filaments longs, roides, grêles, chevelus (*b*, fig. 56), qui sont évidemment très-affectés par les vibrations de l'endolymphe et communiquent leurs mouvements aux extrémités des nerfs. Dans le vestibule, au contraire, ces cheveux sont rares ou n'existent pas, mais les petits grains d'otoconie servent au même but.

Dans le canal moyen du limaçon de petits corps semblables à des tiges et appelés *fibres de Corti* qui sont des cellules d'une structure spéciale de la paroi épithéliale du limaçon, semblent servir à la même fonction.

16. Pour simplifier le sujet, nous avons supposé, jusqu'à présent, que le labyrinthe membraneux et le canal du limaçon étaient des sacs simples; mais il n'en est pas ainsi, car chaque sac a une forme très-curieuse et très-compliquée (fig. 57, 58).

Ainsi, le labyrinthe membraneux (fig. 57) a la forme d'un *sac vestibulaire*, ovale, consistant en deux parties, l'une appelée l'*utricule* et le *saccule* hémisphérique. Les canaux demi-circulaires en forme de cercles, s'ouvrent dans l'utricule. Ces canaux sont au nombre de trois, deux verticaux : *canaux demi-circulaires*, supérieurs et inférieurs; le troisième horizontal et extérieur porte le nom de *canal demi-circulaire, externe ou horizontal*. L'une des extrémités de chacun de ces canaux est dilatée en ce que l'on nomme une *ampoule* (fig. 57, A).

C'est sur les parois de ces ampoules et sur celles du sac vestibulaire que se distribuent les filets du nerf auditif. Le liquide qui remplit les cavités des canaux demi-circu-

laires et de l'utricule s'appelle l'*endo-lymphe ;* celui qui sépare ces membranes délicates des cavités osseuses dans lesquelles elles sont contenues, s'appelle le *périlymphe.* Ces liquides ne sont guère autre chose que de l'eau.

17. Dans le canal moyen du limaçon (*scala media*) dont la vraie nature et les fonctions n'ont été découvertes que tout récemment, le sac primitif est transformé en un long tube qui est ramené deux fois et demie sur lui-même en forme de spire conique et se trouve contenu dans une cavité de forme pareille, mais beaucoup plus grande,

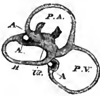


Fig. 57.

Le labyrinthe membraneux, deux fois plus grand que nature.

Ut, l'utricule ou partie du vestibule dans lequel s'ouvrent les canaux semi-circulaires; A, A, A, les ampoules; PA, canal demi-circulaire vertical antérieur; PV, canal demi-circulaire vertical postérieur; H, canal demi-circulaire horizontal.

creusée dans l'os pétreux, de façon à laisser au centre une colonne osseuse appelée modiolus ou columelle.

Le canal du limaçon offre une section transversale triangulaire (fig. 58) bornée au-dessous et au-dessus par des parois membraneuses qui convergent intérieurement et divergent extérieurement. A leur point de jonction, ces parois sont rattachées par leurs bords à une lame osseuse mince, la lame spirale (LS, fig. 58) qui tourne autour du *modiolus* (LS, fig. 58). Les autres extrémités opposées des parois du canal sont fixées aux parois de la cavité osseuse, qui en est par suite divisée en deux canaux, les-

quels communiquent entre eux au sommet de la spire, mais sont partout ailleurs séparés. Ces deux conduits s'appellent respectivement *canal du tympan* et *canal du vestibule*, et sont remplis de périlymphe.

Le canal moyen, qui est situé entre les deux autres canaux, s'ouvre par un conduit étroit dans le saccule hé-

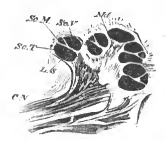


Fig. 58. — Section perpendiculaire à l'[illegible]e du limaçon, trois fois plus grand que [illegible]re.

ScM, scala media ou canal du limaçon (*canal cochléaire*); ScV, scala ou rampe du vestibule; ScT, scala du tympan; LS, lame spirale; Md, modiolus ou columelle, axe osseux autour duquel les spires s'enroulent; CN, nerf cochléen.

misphérique, mais à son extrémité opposée il se termine en cul-de-sac.

Les fibres du nerf auditif (VII, fig. 59) se distribuent tout le long du canal moyen et y pénètrent au niveau de la ligne d'insertion de la lame spirale.

Cette paroi du canal moyen qui la sépare du canal du vestibule porte le nom de *membrane de Reissner*. La paroi opposée qui la sépare du canal du tympan est la *membrane basilaire;* celle-ci est très-élastique et sur elle reposent les *fibres de Corti* (CC′) chacune desquelles est formée de deux filaments réunis, sous un certain angle. Un nombre immense de ces filaments sont disposés côte à côte avec la plus grande régularité dans toute la lon-

gueur du canal moyen, de sorte que cet organe présente presque l'apparence d'un clavier de piano, si on l'examine

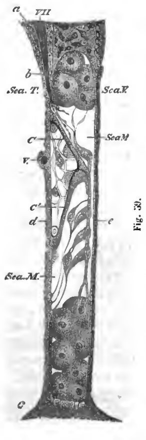


Fig. 39.

Section pratiquée à travers la paroi du canal moyen du limaçon qui est placée le long du canal du tympan. — *a*, paroi interne, modiolus ou columelle du limaçon osseux ; *c*, sa paroi externe ; ScaT, cavité du canal tympanique ; ScaV, cavité du canal moyen ; ScaM, partie de la cavité du canal moyen qui est située entre la membrane basilaire et la membrane de Corti : *d*, membrane basilaire élastique qui sépare le canal moyen du canal du tympan ; V, un vaisseau de ce canal coupé ; *e*, membrane dite de *Corti* ; CC', fibres de Corti ; VII, filaments du nerf auditif ; il est douteux que la membrane de Corti aie réellement l'étendue et les relations qui lui sont donnés dans cette figure. La membrane de Reissner qui sépare le canal moyen du canal du vestibule n'est pas représentée ; si elle l'était, les lettres ScaV seraient placées sur le canal moyen et non sur le canal du vestibule

soit du canal du vestibule, soit du canal du tympan. Les extrémitées nerveuses n'ont pas encore été bien retrouvées, mais elles sont probablement en relations étroites avec ces

fibres susceptibles d'être mises en mouvement par l'impulsion la plus légère.

18. Ces parties essentielles de l'organe de l'ouïe sont placées dans la cavité ou la portion pétreuse de l'os temporal. Ainsi le labyrinthe membraneux est renfermé dans une cavité osseuse de même forme dont la partie qui loge le sac est appelée *vestibule*, et la partie qui contient les canaux demi-circulaires, *canaux demi-circulaires osseux*. De plus, on a vu que le canal moyen (scala media) est contenu dans une cavité contournée en spirale, le limaçon qu'il divise en deux conduits : l'un, le canal du vestibule porte ce nom parce qu'il s'ouvre dans le vestibule ; c'est pourquoi ces deux canaux sont, de même que le vestibule et les canaux demi-circulaires remplis de périlymphe ; la communication se fait par un large orifice qui conduit du vestibule dans le canal du vestibule.

A l'état frais, le labyrinthe osseux — nom que porte l'ensemble des cavités de la portion pétreuse du temporal — est parfaitement fermé. Mais à l'état sec, on trouve deux larges ouvertures appelées *fenêtres* sur sa paroi externe. L'une de ces fenêtres, appelée *ovale*, est pratiquée sur la paroi de la cavité du vestibule ; l'autre, la fenêtre *ronde* en arrière et au-dessous de celle-ci, est l'extrémité ouverte du canal moyen du limaçon, autrement dit cochléen ; à l'état frais, ces fenêtres sont fermées par des membranes fibreuses, continues avec le périoste.

La *fenêtre ronde* n'est fermée que par une membrane ; mais au centre de la *fenêtre ovale*, où se trouve une lame osseuse ovale qui s'y trouve attachée, de façon à ne laisser qu'une marge étroite à la membrane ; c'est la base de l'os de l'étrier.

19. La paroi externe du labyrinthe osseux est encore très-éloignée de l'extérieur du crâne. Entre le labyrinthe

et l'ouverture extérieure de l'oreille, on trouve placé en droite ligne le bord de la caisse de l'oreille ou *tympan*, ensuite un long conduit auditif externe (*meatus*) (fig. 57).

La caisse de l'oreille et le conduit auditif ne formeraient qu'une seule cavité s'il n'existait pas une membrane

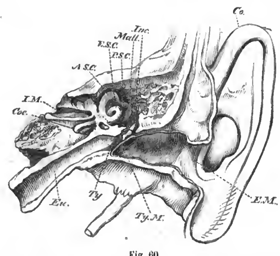


Fig. 60.

Section transversale à travers les parois d'un crâne pour montrer toutes les parties de l'oreille. Co, conque ou oreille externe; EM, conduit auditif externe; TyM, membrane du tympan; *Inc* et *Mall*, *Incus* et *Malleus*, enclume et marteau; ASC, PSC, ESC, canaux demi-circulaires antérieurs postérieurs et externes; Coc (cochlea), limaçon; Eu, trompe d'Eustache; IM, conduit auditif externe à travers lequel le nerf auditif passe à l'organe de l'audition.

délicate, la membrane du tympan (T*y*M) fortement tendue dans une direction oblique à travers le conduit, de façon à séparer du conduit la cavité ou caisse, relativement petite, du tympan.

La membrane du tympan empêche de la sorte toute communication entre la caisse et l'extérieur par la voie

du conduit auditif ; mais cette communication existe, bien que par une voie détournée, par l'intermédiaire de la trompe d'Eustache (*Eu*, fig. 60), qui va directement de la partie antérieure de la caisse vers l'intérieur, où elle vient s'ouvrir au sommet du pharynx.

20. On trouve dans la caisse du tympan trois petits os, es *osselets de l'ouïe*. L'un d'eux a la forme d'un *étrier* et en porte le nom. La base de cet os est, comme nous l'avons

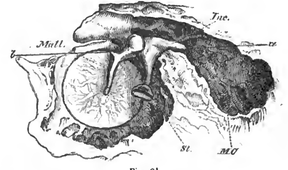


Fig. 61.

La membrane de la caisse de l'oreille vue de l'intérieur avec ses trois petits os et les parois du tympan avec les cellules aériennes de la portion mastoïdienne du temporal. MC, cellules mastoïdiennes; *Mall* (malleus), marteau; *Inc* (incus), enclume; *St* (stapes), étrier; *a*, *b*, lignes tirées par l'axe horizontal autour duquel tournent le marteau et l'enclume.

vu, étroitement attachée à la fenêtre ovale, tandis que ses branches se projettent extérieurement dans la cavité tympanique (fig. 62).

Un second os s'appelle le *marteau* (*malleus*, *Mall*, fig. 60, 61, 62), dont une extrémité allongée, le manche, est pareillement attachée à la paroi interne de la membrane du tympan (fig. 62). La surface arrondie de la tête du marteau s'ajuste à une cavité correspondante à l'autre extrémité du troisième os, l'enclume (*incus*) qui offre deux

extrémités allongées ou branches : l'une horizontale, qui repose sur un support qui lui est fourni par les parois du tympan; tandis que l'autre, verticale, descend presque parallèlement au manche du marteau et s'articule avec l'étrier ou plutôt avec un petit os, l'os orbiculaire qui s'articule avec l'étrier (fig. 61, 62).

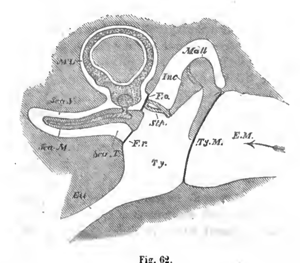


Fig. 62.

Diagramme représentant la position relative des différentes parties de l'oreille. EM, conduit auditif externe; TyM, membrane du tympan; Ty, tympan; Mall, marteau; Inc, enclume; Stp, étrier; Fo, fenêtre ovale; Fr, fenêtre ronde; Eu, trompe d'Eustache; ML, labyrinthe membraneux; on n'a représenté qu'un seul canal demi-circulaire avec son ampoule; ScaV, ScaT, ScaM, canaux de limaçon que l'on suppose être déroulées.

Les trois os, ainsi unis, forment une chaîne entre la fenêtre ovale et la membrane du tympan, et toute la série des osselets tourne autour d'un axe horizontal dont les deux extrémités, formées par la branche horizontale de l'enclume et la petite apophyse du marteau, reposent sur

les parois du tympan. La direction générale de cet axe est représentée par la ligne *a b* dans la figure 61 ou par une ligne perpendiculaire, au plan du papier, passant à travers la tête du marteau (fig. 62). Il s'ensuit que les causes qui font vibrer la membrane du tympan en arrière et en avant, quelles qu'elles soient, doivent forcer le manche du marteau à exécuter le même trajet. Un mouvement correspondant doit ensuite être imprimé à l'apophyse longue de l'enclume dont l'extrémité doit tirer l'étrier en arrière et en avant successivement; et comme l'étrier est attaché à la membrane de la fenêtre ovale qui est en contact avec le périlymphe, il doit mettre le liquide en vibration dans toute son étendue, la propulsion de la membrane de la fenêtre ovale étant compensée par la propulsion de la membrane de la fenêtre ronde et *vice et versâ*.

Les vibrations du périlymphe ainsi produites affecteront l'endolymphe, et celle-ci les otolithes à l'aide desquelles, finalement, les nerfs auditifs seront impressionnés.

21. La membrane de la fenêtre ovale et la membrane du tympan vibreront d'autant plus aisément qu'elles seront plus librement fixées et réciproquement. Mais il existe deux muscles : l'un, le *muscle de l'étrier* qui passe de la base du tympan à l'os orbiculaire, et l'autre, le *tenseur du tympan* de la paroi antérieure de la caisse au marteau. Chacun de ces muscles en se contractant tend les membranes en question et limite leurs vibrations ou, en d'autres termes, lutte contre toute cause qui fait vibrer ces membranes.

22. L'extrémité extérieure du conduit auditif externe se termine par la conque ou oreille externe (fig. 60, *Co*). Surface large, d'une forme particulière et presque entièrement cartilagineuse dont le plan général est à angle droit avec l'axe du conduit auditif. La conque peut se mouvoir

dans diverses directions par des muscles qui lui arrivent des côtés de la tête.

23. Étudions maintenant comment se comporte l'appareil complexe que nous venons de décrire, en présence de l'agent physique qui est la condition de la sensation auditive et les expansions nerveuses dont les impressions peuvent seules exciter cette sensation.

Tous les corps qui produisent le son sont en état de vibration et communiquent cette vibration à l'air qui les entoure, de sorte que cet air se forme en vagues exactement comme on peut en produire dans l'eau en l'agitant avec un bâton.

Les vagues aériennes produites par les vibrations des corps sonores entrent en partie dans le conduit auditif externe et en partie frappent sur la conque du conduit auditif externe et sur la surface externe de la tête. Il se peut faire que quelques-unes de leurs dernières impulsions soient transmises par les parois solides du crâne à l'organe de l'ouïe. Mais avant qu'elles ne l'aient atteint, elles doivent être devenues si rares et si faibles qu'on peut en négliger l'étude.

Les vagues aériennes qui pénètrent dans le conduit auditif frappent la membrane du tympan et la mettent en vibration, car les membranes tendues reçoivent les vibrations de l'air avec la plus grande facilité.

24. Les vibrations déterminées de la sorte dans la membrane du tympan sont transmises en partie à l'air contenu dans la caisse et en partie au marteau qui les communique aux autres osselets de l'ouïe.

Les vibrations transmises à l'air de la caisse frappent sur sa paroi interne sur laquelle, en raison de sa densité, elles ne peuvent produire que très-peu d'effet. Cependant au point de cette paroi, où se trouve la *fenêtre ronde*,

En effet, on remarque en premier lieu que la disposition des os et leur mode d'articulation s'opposent à l'idée d'une transmission de vibrations moléculaires à travers leur substance, tandis que, d'autre part, ils viennent à l'appui de l'idée d'une vibration en masse. Le manche du marteau et l'enclume se balancent comme un pendule autour d'un axe formé par les courtes apophyses de ces osselets, tandis que le mode de connexion de l'enclume avec l'étrier et de l'étrier avec les bords de la fenêtre ovale permet un libre jeu au dedans et au dehors de cet os. En second lieu, on affirme comme un résultat d'expérimentations que l'os appelé columelle, qui chez les oiseaux tient la place de la chaîne des osselets, vibre dans son ensemble et avec la même rapidité que la membrane du tympan quand des vibrations aériennes frappent cette dernière.

26. Ainsi, il y a des motifs pour croire que, quand la membrane du tympan entre en vibration, elle communique le même nombre de vibrations à l'apophyse du marteau qui est fixé sur cette membrane. La tête du marteau décrit en conséquence un petit arc sur son pivot qui est la petite apophyse. Le mouvement de rotation de la tête du marteau entraîne celui de la tête de l'enclume sur son pivot, la petite apophyse. L'apophyse longue de l'enclume décrit en conséquence un arc de cercle aussi égal que possible à celui qui est décrit par le manche du marteau. La longue apophyse cependant est fixée à l'étrier de telle façon qu'elle ne peut vibrer sans attirer l'étrier vers la fenêtre ovale et le repousser avec une étendue et une intensité correspondantes. Mais chaque mouvement de va-et-vient implique une série correspondante de secousses au périlymphe qui remplit le labyrinthe osseux et le limaçon, extérieurs au labyrinthe membraneux et au canal moyen du limaçon.

Ces tremblements sont transmis à l'endolymphe au liquide du canal moyen et sont finalement convertis, par l'intermédiaire des otolithes et des fibres de Corti, en impulsions qui agissent comme excitants, sur les extrémités des divisions vestibulaires et cochléennes du nerf auditif.

27. Les différences qui existent entre les fonctions du labyrinthe membraneux (auquel se distribue le nerf vestibulaire) et celles du limaçon, ne sont peut-être pas toutes connues avec certitude, mais les conclusions suivantes offrent un haut degré de probabilité :

Le labyrinthe membraneux est un appareil à l'aide duquel l'on distingue et l'on apprécie les sons selon leur quantité ou *intensité;* mais il ne sert pas à discerner leur *qualité.* Le nerf du vestibule nous donne la valeur relative des sons aigus ou graves, mais ne nous fournit aucune impression de son de mélodie ou d'harmonie.

Le limaçon, d'autre part, permet à l'esprit de juger la qualité plutôt que la quantité ou l'intensité des sons. Il y a quelques raisons de croire que l'excitation d'un simple filet du nerf du limaçon provoque dans l'esprit des impressions musicales distinctes et que chaque fraction de son qu'une oreille sensible bien cultivée peut percevoir est représentée par une fibre nerveuse séparée. De sorte que le canal moyen du limaçon ressemble à un clavier dans ses fonctions non moins que dans son apparence ; les fibres de Corti représentent les touches et les extrémités nerveuses représentent les cordes sur lesquelles frappent les touches.

S'il était possible d'irriter expérimentalement chacune de ces fibres nerveuses, nous serions en état de produire à volonté un son musical quelconque dans le sensorium d'un sujet en expérience, de même qu'une note est produite au piano en frappant la touche correspondante.

28. Un diapason peut entrer en vibration si sa note propre ou une note harmonique avec elle résonne dans son voisinage. En d'autres termes, il vibrera sous l'influence d'une série de vibrations particulières et non d'autres. Si les extrémités vibrantes du diapason étaient arrangées de façon à frapper sur un nerf, leurs petits coups répétés exciteraient subitement ce nerf.

Supposez une série de diapasons montés à toutes les notes et fractions de notes distinctes dans l'échelle des sons, il y en aurait un pour l'extrémité de chaque fibre du nerf du limaçon; alors toute vibration transmise au périlymphe affecterait le diapason qui pourrait vibrer avec elle en accord ou à l'unisson, tandis que les autres seraient absolument ou relativement indifférents à cette vibration. En d'autres termes, la vibration donnerait lieu à la sensation d'un ton particulier et non à d'autres tons, et chaque intervalle musical serait représenté par une impression distincte sur le sensorium.

29. On croit que les fibres de Corti sont capables de remplir la fonction que remplirait cette série de diapasons; que chacun d'eux entre en vibration dans toute sa force à l'aide d'un genre particulier de vibrations envoyées à travers le périlymphe et par ce genre seul, et que chacun d'eux affecte une fibre particulière du nerf du limaçon et celle-là seulement.

Les fibres du nerf du limaçon peuvent être excitées par des causes internes, telles que la diversité des pressions du sang et d'autres analogues. Chez quelques personnes, ces influences intérieures sont l'origine d'un véritable *spectre musical* qui est parfois très-intense. Mais nous ne pouvons apprécier la musique produite au dehors de nous, que par l'intermédiaire du canal moyen du limaçon et de ses fibres de Corti.

30. On a expliqué plus haut comment le muscle de l'étrier et le tenseur du tympan étaient propres à tendre la membrane de la fenêtre ovale et celle du tympan, et il est probable qu'ils entrent en jeu, quand les impulsions sonores sont trop violentes et produisent des vibrations trop étendues dans les membranes. C'est pourquoi elles servent à adoucir les effets des sons intenses à peu près de la même façon, ainsi que nous le verrons, que la contraction des fibres musculaires de l'iris tend à diminuer l'effet d'une lumière trop intense sur les yeux.

La fonction de la trompe d'Eustache est probablement de maintenir l'air de la caisse, c'est-à-dire celui qui baigne la paroi interne de la membrane du tympan, à la même pression que celui de la paroi externe; ce qui ne pourrait point être, si la caisse du tympan était une cavité close.

LEÇON IX

L'ORGANE DE LA VUE

1. Pour l'étude de l'organe de la vision — l'œil, — il faut connaître : 1° la structure et les propriétés de l'expansion sensorielle par laquelle se termine le nerf optique; 2° l'agent physique de la sensation; 3° l'appareil intermédiaire à l'aide duquel cet agent physique est mis en état d'agir sur l'expansion nerveuse.

Le globe de l'œil est un corps sphérique qui se meut librement dans une cavité formée par le crâne, l'*orbite*. Le nerf optique, dont la racine se trouve dans le cerveau, quitte l'intérieur du crâne par un trou situé derrière l'orbite, et pénètre dans le globe de l'œil, en arrière, non au centre, mais sur le côté interne ou nasal de ce centre. Il s'étale ensuite sur la surface interne de la paroi du globe oculaire, et forme une membrane très-délicate qui s'étend en avant jusque près du bord de la capsule du cristallin, et prend le nom de *rétine;* la rétine varie de 15 à 30 dixièmes de millimètre d'épaisseur. Cette rétine est le seul organe en rapport avec les fibres nerveuses sensitives qui puisse

être affecté par un agent quelconque, de façon à donner lieu à la sensation de lumière.

2. Si le globe de l'œil est divisé transversalement en deux, de façon à former une moitié antérieure et une moitié postérieure, on verra la rétine tapissant la paroi concave de la moitié postérieure, comme une membrane d'une grande délicatesse, d'une texture uniforme pour la plus grande partie, et dont la surface est lisse. Mais exactement au centre de la paroi postérieure, elle présente une légère dépression circulaire d'une teinte jaunâtre, qui porte le nom de tache jaune (*macula* ou *lutea flava*), et, à quelque distance de cette tache, vers le côté interne ou nasal du globe, on voit une sorte d'irradiation produite par l'entrée du nerf optique et l'épanouissement de ses filets dans la rétine.

3. Une section très-mince de la rétine dans n'importe quelle région, excepté dans celle de la tache jaune, peut être décomposée en des éléments qui sont représentés séparément (fig. 65). Les uns (A) occupent toute l'épaisseur de la section et comprennent ses éléments essentiels ou *nerveux*. Le quart externe (ou postérieur) de l'épaisseur de cette section est formé d'une multitude de petits corps qui ont, les uns la forme de petites cônes, les autres la forme de petits bâtons, et qui sont rangés côte à côte perpendiculairement au plan de la rétine ; cette couche porte le nom de *couche des bâtonnets et des cônes* (*bc*). De l'extrémité antérieure de ces bâtonnets et de ces cônes s'échappent des fibres très-délicates, dans chacune desquelles se développe un corps granuleux *b′c′* qui forme une partie de ce que l'on a appelé la *couche granuleuse externe*. Il est probable que ces fibres passent dans le réseau nerveux très-délicat qu'elles forment et que l'on voit en *dd′* (fig. 63, A). De la surface an-

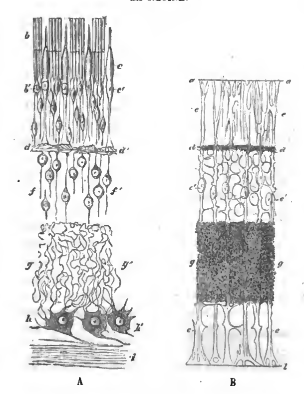


Fig. 65.

Vues diagrammatiques des éléments nerveux (A) et du tissu connectif (B) de la rétine que l'on suppose séparés l'un de l'autre. A, tissu nerveux, *b*, les bâtonnets; *c*, les cônes; *b'c'*, granulations de la couche externe avec lesquelles les éléments sont en rapport; *dd'*, fibres nerveuses intermédiaires très-minces desquelles sortent des filets nerveux très-délicats qui portent des granulations internes *ff'* qui se dirigent vers la surface antérieure; *gg'*, prolongement de ces filets très-minces qui se replient sur eux-mêmes et se mêlent aux appendices des corpuscules ganglionnaires *hh'*; *ii*, expansions des fibres du nerf optique. B, tissu connectif; *aa*, membrane externe qui limite postérieurement la rétine; *ee*, fibres irradiées passant à la membrane interne ou antérieure; *e'e'*, noyaux; *dd*, couche granuleuse intermédiaire; *gg*, couche moléculaire ou amorphe; *l*, membrane limitante antérieure.

Grossissement d'environ 250 diamètres.

térieure de ce réseau, d'autres fibres se détachent qui contiennent une seconde série de granulations (*myélocytes*) et qui forment la *couche granuleuse interne*. Au-devant de cette couche se trouve une autre couche de fibres nerveuses enroulées (*gg'*), et au-devant encore, de nombreux *corpuscules ganglionnaires* (*hh'*); des prolongements de ces corpuscules s'étendent d'une part dans la couche des fibres enroulées, et d'autre part se continuent probablement avec la couche des fibres du nerf optique (*i*).

Ces délicates structures nerveuses sont supportées par une sorte de charpente de tissu connectif qui s'étend d'une *membrane interne* ou *antérieure limitante* (*l*), qui enveloppe la rétine et se trouve en contact avec l'humeur vitrée, à une *membrane limitante externe* ou *postérieure*, qui se trouve à l'extrémité antérieure des bâtonnets et des cônes au niveau de *b'c'* (fig. 63). Ainsi la charpente est plus mince que la substance nerveuse de la rétine et ne s'étend pas entre les *bâtonnets* et *cônes* qui se trouvent entre cette membrane et la couche pigmentaire de la choroïde (§ 16).

Les fibres du nerf optique se répandent entre la membrane limitante (*l*) et les corpuscules ganglionnaires (*h'*); les vaisseaux qui pénètrent avec le nerf optique se ramifient entre la membrane limitante et les granulations internes (*ff'*). Ainsi non-seulement les fibres nerveuses, mais encore les vaisseaux, sont placés ensemble au-devant des bâtonnets et des cônes.

Les fibres nerveuses prédominent à l'entrée du nerf optique, où il n'y a ni bâtonnets ni cônes. Dans la tache jaune, au contraire, les cônes sont nombreux et très-rapprochés; ils deviennent en même temps plus longs et plus grêles, tandis que les bâtonnets sont rares et ne se trouvent que sur ses bords. La couche des fibres du nerf op-

tique disparaît, et toutes les autres couches, excepté celle des cônes, deviennent extrêmement minces au centre de la *tache jaune* (fig. 64).

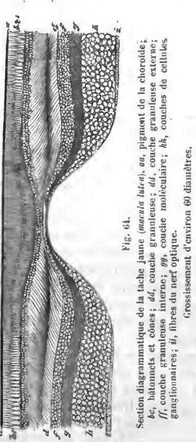


Fig. 64.

Section diagrammatique de la tache jaune (*macula lutea*). *aa*, pigment de la choroïde; *bc*, bâtonnets et cônes; *dd*, couche granuleuse; *dd*, couche granuleuse externe; *ff*, couche granuleuse interne; *gg*, couche moléculaire; *hh*, couches de cellules ganglionnaires; *ii*, fibres du nerf optique.

Grossissement d'environ 60 diamètres.

4. La propriété la plus importante de la rétine est le pouvoir qu'elle possède de convertir les vibrations de l'éther, qui constituent la base physique de la lumière, en un

stimulant pour les fibres du nerf optique, lesquelles, quand elles sont excitées, ont le pouvoir d'éveiller dans le cerveau, ou par l'intermédiaire du cerveau, la sensation lumineuse.

Toutefois, la sensation de lumière est perçue par le cerveau, non par la rétine; si l'œil est détruit, en effet, l'irritation du nerf optique, par pincement, électrisation ou par d'autres agents, excitera toujours la sensation de lumière, parce qu'elle met en activité les fibres du nerf optique; or, de quelque manière que cette activité soit provoquée, elle détermine dans le cerveau certains changements qui donnent lieu à la sensation de lumière.

La lumière frappant le nerf optique ne l'excite pas; les fibres du nerf optique sont en elles-mêmes aussi aveugles qu'une partie quelconque du corps. Mais, de même que les filets délicats de l'ampoule, les otolithes du sac vestibulaire ou les fibres de Corti du limaçon sont des artifices à l'aide desquelles les vibrations délicates de l'endolymphe et du périlymphe sont transformées en mouvements qui peuvent exciter les nerfs auditifs, de même les tissus de la rétine sont aptes à transformer les vibrations infiniment plus délicates de la lumière en stimulant pour les fibres du nerf optique.

5. La sensibilité des différentes parties de la rétine à la lumière varie considérablement. Le point d'entrée du nerf optique est absolument aveugle, ainsi que peut le démontrer une expérience très-simple. Fermez l'œil gauche et regardez avec fixité de l'œil droit, — à la distance de 25 ou 30 centimètres, — la croix qui est figurée ci-dessous.



La tache noire sera perçue très-distinctement, aussi bien que la croix. Si, maintenant, vous approchez lentement le

livre vers l'œil qui doit continuer à regarder fixement la croix, vous remarquerez qu'à un moment donné la tache noire disparaîtra; mais elle reparaîtra à mesure que vous rapprocherez le livre de plus près. Ce fait résulte de ce principe d'optique que, dans la première position du livre, la tache noire aboutit dans la rétine entre celle de la croix (qui tombe en plein sur la tache jaune) et l'entrée du nerf optique, tandis que, dans la seconde position, elle tombe sur l'entrée du nerf optique lui-même, et, dans la troisième, en dedans de ce point. Aussi longtemps que l'image de la tache noire demeure sur l'entrée du nerf optique, elle n'est point perçue; c'est pourquoi cette portion de la rétine s'appelle le *point aveugle*.

6. L'impression faite par la lumière sur la rétine persiste non-seulement pendant toute la durée de l'action directe de la lumière, mais se prolonge par elle-même pendant un certain temps, quelque courte que soit la période pendant laquelle la lumière a impressionné directement la rétine. L'éclair est instantané, mais la sensation qu'il a produite persiste pendant une durée appréciable. On trouve en effet qu'une impression lumineuse dure environ un huitième de seconde; d'où il suit que si deux impressions sont séparées par un intervalle moindre, elles ne se distinguent point l'une de l'autre.

C'est pour ce motif qu'un corps lumineux auquel on fait décrire rapidement un cercle semble être réellement un cercle de feu; les rayons d'une roue en mouvement rapide ne sont pas distinctement visibles; ils apparaissent seulement comme une sorte de corps opaque ou de cloison dans la circonférence de la roue.

7. L'excitabilité de la rétine est facilement épuisée. Ainsi, si l'on regarde une lumière brillante, la portion de rétine frappée par la lumière devient rapidement insen-

sible; en passant d'une lumière brillante à une surface faiblement éclairée, une tache noire apparaît dans le champ de la vision, et provient d'une cécité temporaire de cette partie de la rétine. Si la lumière brillante est d'une seule couleur, la partie de la rétine sur laquelle elle a agi devient insensible aux raies de cette couleur, mais non aux autres raies du spectre. Par là s'expliquent les effets des *couleurs complémentaires*. Si, par exemple, on colle un pain à cacheter rouge sur une feuille de papier blanc, et qu'on le regarde avec fixité, d'un seul œil, pendant un certain temps; on aura si l'on détourne ensuite cet œil vers le papier, la sensation d'une tache verte de la forme et de l'étendue du pain à cacheter. Il est en effet arrivé que la partie de la rétine sur laquelle cette image est tombée à l'état de lumière rouge, a épuisé sa sensibilité pour cette couleur, mais l'a laissée sensible aux autres rayons colorés dont se compose la lumière blanche. De sorte que, quand cette partie de la rétine reçoit une lumière blanche, les rayons rouges ne provoquent aucune sensibilité, et le résultat de l'action des autres rayons est la sensation d'une teinte verdâtre. Si le pain à cacheter est *vert*, l'*image complémentaire* sera *rouge*.

8. Chez quelques personnes, la rétine semble affectée d'une seule et même façon par les rayons lumineux de certaines couleurs ou même de toutes les couleurs. Ces personnes, aveugles aux couleurs, ne peuvent distinguer par la couleur les cerises de leurs feuilles, et ne voient aucune différence entre les vêtements blancs et jaunes. Cette particularité, malheureuse pour les individus, peut devenir dangereuse si elle atteint, sans qu'on le sache, les conducteurs de trains ou les marins; elle dépend probablement, ou d'un défaut de la rétine qui empêche cet organe de répondre aux différents genres de vibrations lumineuses

ou elle provient de quelque pouvoir absorbant exceptionnel des humeurs de l'œil. Elle porte le nom de *daltonisme* (du chimiste *Dalton*, qui en était affecté) ou de *dyschromatopsie*.

9. La sensation de lumière peut être déterminée par d'autres causes que par les vibrations de l'éther lumineux sur la rétine. C'est ainsi qu'un courant électrique transmis à l'œil donne naissance à l'apparition d'un éclair lumineux; une pression exercée sur un point quelconque de la rétine produit une image lumineuse qui dure aussi longtemps que la pression, et qui porte le nom de *phosphène*. Si l'extrémité du doigt presse sur le côté externe du globe de l'œil, une image lumineuse se produit qui, dans *mon* œil, est sombre au centre, avec un anneau brillant à la circonférence (ou, selon la description de Newton, comme l'image centrale d'une queue de paon). Enfin, bien des personnes ont eu sur leurs propres yeux le spectacle remarquable de ces feux d'artifice subjectifs qui suivent un coup sur l'œil, que ce coup provienne d'une chute de cheval ou qu'il soit produit par d'autres procédés, bien connus de la jeunesse anglaise.

On ne saurait, toutefois, dire exactement si les effets de pression ou du coup dépendent réellement de l'excitation de la rétine proprement dite, ou s'ils ne résultent pas plutôt d'une violence exercée sur le nerf optique indépendant de la rétine.

10. Ce dernier paragraphe signale, entre les fibres du nerf optique et la rétine, une distinction que nous n'avons point encore faite, mais qui est très-importante.

Nous avons vu que les fibres du nerf optique se ramifient dans le quart interne de l'épaisseur de la rétine, tandis que la couche des bâtonnets et des cônes constitue son quart extérieur (ou postérieur). Aussi la lumière doit frap-

per d'abord les fibres du nerf optique, et c'est seulement aprés les avoir traversées qu'elle peut atteindre les bâtonnets et les cônes. En conséquence, si les fibrilles elles-mêmes du nerf optique sont aptes à être impressionnées par la lumière, les bâtonnets et les cônes ne peuvent constituer qu'une sorte d'appareil optique supplémentaire. Mais ce sont, en réalité, les bâtonnets et les cônes qui sont impressionnés par la lumière, tandis que les fibres du nerf optique y sont insensibles. Les preuves sur lesquelles reposent cet énoncé sont les suivantes :

a. Le point aveugle est rempli de fibres nerveuses, mais il n'a ni bâtonnets ni cônes.

b. La tache jaune où réside la vision la plus fine est remplie de cônes très-rapprochés, mais ne présente aucune fibre nerveuse.

c. Si vous pénétrez dans une chambre obscure avec une seule bougie, petite, mais brillante, et que, placé en face d'une muraille noire, vous déplaciez la lumière de haut en bas, de façon à faire pénétrer la lumière très-obliquement dans l'œil, vous verrez l'une des images qui portent le nom d'*images de Purkinje ;* on désigne ainsi une série de lignes rouges ramifiées et divergentes sur un champ noir; dans l'intervalle de ces lignes, on voit une sorte de disque en forme de coupe. Les lignes sont les vaisseaux sanguins de la rétine, et le disque est la tache jaune. A mesure que la lumière est mue en haut et en bas, les lignes rouges changent de position, de même que les ombres quand la lumière qui les projette se déplace.

Or, comme la lumière tombe sur la face interne de la rétine, et que les images des vaisseaux auxquelles elle donne lieu changent leur position à mesure qu'elle se meut, ce qui perçoit les images, quel qu'il soit, doit se trouver *au delà,* c'est-à-dire *en dehors* des vaisseaux ; mais les fibres

du nerf optique se trouvent *parmi* les vaisseaux, et les seules portions de la rétine qui se trouvent à l'extérieur des vaisseaux sont les couches granuleuses et les bâtonnets et cônes.

d. De même que sur la peau il y a une limite de distance en dedans de laquelle deux points ne donnent qu'une impression, de même il y a une distance minimum à laquelle deux points lumineux qui tombent sur la rétine doivent être placés pour apparaître distincts, et cette distance répond assez exactement au diamètre des cônes.

Il paraît donc que ces corps remarquables placés sur la surface externe de la rétine, de façon que leurs extrémités regardent la lumière, sont comme autant de points digitaux doués d'un toucher assez délicat pour sentir les vibrations lumineuses.

11. L'agent physique qui détermine la vision est la *lumière*, maintenant conçue comme un fluide très-raréfié, l'éther, qui vibre d'une façon particulière. Les propriétés de cet agent physique et les principes de l'optique doivent être étudiés ailleurs. Il suffira de rappeler ici quelques faits desquels chacun peut s'assurer par des expériences fort simples. Une lorgnette de spectacle est un appareil transparent plus dense que l'air et convexe à ses deux extrémités. Si cette *lentille* est placée à une certaine distance d'un écran ou d'une muraille dans une chambre noire, et qu'une bougie allumée soit placée de l'autre côté, on trouvera facilement les distances auxquelles il convient de placer la lumière, la lentille et la muraille, de façon qu'une image de la flamme soit projetée sur la muraille.

12. Le point sur lequel l'image se forme s'appelle le *foyer*. Si l'on approche la lumière plus près de la lentille, son image sur la muraille sera agrandie, et paraîtra vague

et obscure; elle peut être rappelée à l'éclat et à la netteté en éloignant la lentille de la muraille. Mais si, quand on a ajusté les distances de façon à produire le dernier effet, on éloigne la lumière de la lentille, l'image redeviendra confuse, et, pour rétablir sa netteté, il faudra rapprocher la lentille de la muraille.

Ainsi une lentille convexe donne une image distincte des objets lumineux, mais seulement au foyer, du côté de la lentille opposé à cet objet lumineux; ce foyer est plus près, quand l'objet est éloigné; plus loin, quand l'objet est plus rapproché.

13. Supposez cependant que, laissant la lumière fixe, une lentille à faces plus convexes soit substituée à la première; l'image sera confuse, et la lentille devra être rapprochée de la muraille, si l'on veut une image nette. D'un autre côté, si l'on prend une lentille à surfaces moins convexes que la première, on devra, pour obtenir ce même effet, l'éloigner de la muraille.

En d'autres termes, toutes choses d'ailleurs égales, plus une lentille est convexe, plus son foyer est rapproché; moins elle est convexe, plus son foyer est éloigné.

Si la lentille était élastique, on l'aplatirait en la tirant à sa circonférence, et de la sorte on allongerait son foyer; en la laissant revenir sur elle-même, elle redeviendrait plus convexe et son foyer serait plus court.

Toute substance plus réfrangible que le milieu dans lequel elle est placée, et munie d'une surface convexe, détermine les rayons lumineux qui passent du milieu moins réfrangible à cette surface à converger vers un foyer. Si l'on adapte un verre de montre à une boîte, et que l'on remplisse cette boîte d'eau, une lumière peut être placée, en dehors du verre de montre, à une distance telle qu'une image de la flamme se formerait sur la paroi opposée de la

boite. Si, dans ces circonstances, une lentille biconvexe de cristal était placée dans l'eau sur le chemin des rayons lumineux, elle agirait (quoique avec moins de puissance que si c'était dans l'air) en rassemblant plus promptement les rayons lumineux vers un foyer, parce que le cristal réfracte la lumière plus fortement que ne le fait l'eau.

Une *chambre obscure* est une caisse sur un côté de laquelle une lentille est adaptée, de façon qu'elle puisse s'éloigner ou se rapprocher, et de la sorte projeter à des distances variées des images distinctes des corps sur un écran en arrière et en dedans de la boite. La boite, recouverte d'un verre de montre et remplie d'eau, dont il est question ci-dessus, peut donc être appelée une *chambre obscure à eau.*

14. Les organes intermédiaires, à l'aide desquels l'agent physique de la vision peut agir sur les expansions du nerf optique, comprennent trois genres d'appareils : (*a*) une chambre aqueuse qui est le globe de l'œil; (*b*) des muscles pour mouvoir le globe de l'œil; (*c*) des organes pour protéger le globe de l'œil, savoir : les paupières avec leurs cils, leurs glandes et leurs muscles; la conjonctive, la glande lacrymale et ses conduits.

Le *globe de l'œil* est constitué d'abord par une enveloppe épaisse, dure, sphéroïde, formée de tissu connectif dont la plus grande partie est blanche et opaque, et qui s'appelle la *sclérotique* (*Scl*, fig. 65). Toutefois, en avant, cette capsule fibreuse de l'œil, bien qu'elle ne perde pas son caractère essentiel, devient transparente et prend le nom de cornée (*Cn*, fig. 65). La portion de la sclérotique qui porte le nom de cornée est plus convexe que le reste de cette membrane, de sorte que l'ensemble du globe de l'œil est tel qu'il pourrait être si on enlevait un segment de la région antérieure d'un sphéroïde du diamètre de la sclérotique,

et qu'on le remplaçât par un segment d'un sphéroïde plus petit et par conséquent plus convexe.

15. L'enveloppe cornéo-sclérotique conserve sa forme à l'aide des *humeurs* de l'œil, substances liquides ou demi-liquides, dont l'une, l'humeur *aqueuse*, remplit la cavité limitée par la cornée en avant, *chambre antérieure*, tandis que l'autre, l'humeur *vitrée*, remplit la cavité limitée en arrière par la sclérotique ou *chambre postérieure*.

Les deux humeurs sont séparées par le *cristallin*, corps transparent qui a la forme d'une belle lentille convexe sur ses deux faces, qui est plus dense que les humeurs de l'œil et qui réfracte plus fortement la lumière. Le cristallin est formé de fibres qui ont une organisation assez complexe. Il est très-élastique. Il est plus convexe en arrière qu'en avant, et se trouve maintenu en place par une charpente membraneuse délicate mais forte et élastique, *le ligament suspenseur*, qui s'étend du bord de la lentille aux procès ciliaires de la membrane choroïde (*Cp.*, fig. 65).

16. Cette membrane *choroïde* (*Ch*, fig. 65) est très-vasculaire; elle est en contact étroit, extérieurement, avec la sclérotique, et est tapissée intérieurement par une couche de petits corps polygonaux qui contiennent beaucoup de matière pigmentaire, et qui portent le nom de *cellules pigmentaires*. Ces cellules ne sont séparées de l'humeur vitrée que par la rétine. Les cônes et les bâtonnets sont en contact immédiat avec la choroïde; cette membrane recouvre toute la surface de la sclérotique, à l'exception du lieu où pénètre le nerf optique, au dehors et au dedans du centre du segment postérieur de l'œil; mais, quand elle atteint la partie antérieure de la sclérotique, la surface interne de la choroïde se dessine en sillons longitudinaux avec des saillies intermédiaires qui se terminent en dedans et en avant par des extrémités arrondies, mais qui, en de-

hors, passent dans l'iris. Ces replis saillants de la choroïde sont les *procès ciliaires* mentionnés plus haut (*Cp*, fig. 65).

17. Quant à l'*iris*, nous l'avons déjà comparé à un écran percé d'un trou au centre et muni de fibres musculaires, sans stries, circulaires et rayonnées; l'ouverture

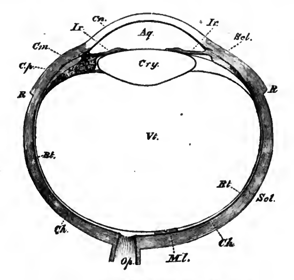


Fig. 65. — Section horizontale du globe de l'œil.

Scl, sclérotique; *Cn*, cornée; R, insertion des tendons des muscles droit *Ch*, choroïde; *Cp*, procès ciliaires; *Cm*, muscle ciliaire; *Ir*, iris; *Aq*, humeur aqueuse; *Cry*, cristallin; *Vt*, humeur vitrée; *Rt*, rétine; *Op*, nerf optique; *Ml*, tache jaune. La section est faite à travers un procès ciliaire de côté gauche et entre deux procès ciliaires de côté droit.

centrale peut s'agrandir ou se diminuer par l'action de ces fibres, dont la contraction, au contraire de celle des autres fibres sans stries, est extrêmement rapide. Les bords de l'iris sont fortement réunis à la capsule de l'œil, à la jonction de la cornée et de la sclérotique, par un tissu connec-

15

tif qui se continue avec le *ligament* ou *anneau ciliaire*. Des fibres musculaires non striées ou lisses, qui ont les mêmes insertions en avant, se répandent en arrière sur la surface externe de la choroïde et constituent le *muscle ciliaire* (*Cm*, fig. 65). Quand ces fibres se contractent, il est évident qu'elles doivent pousser la choroïde en avant, et comme la charpente ou le ligament suspenseur du cristallin est en rapport avec les procès ciliaires (qui forment la terminaison antérieure de la choroïde), cette impulsion en avant de la choroïde revient au même résultat qu'à la diminution de la tension du ligament suspenseur, qui est, de même que le cristallin, très-élastique.

L'iris n'est pas suspendu perpendiculairement entre la surface antérieure du cristallin et la surface postérieure de la cornée, espace rempli par l'humeur aqueuse; il s'applique étroitement sur la face antérieure du cristallin, de sorte qu'il reste à peine un intervalle entre les deux (fig. 65 et 68).

18. Le globe de l'œil, dont les parties les plus importantes ont été maintenant décrites, est en principe une chambre obscure (§ 13) remplie d'eau. En d'autres termes, la sclérotique répond à la boîte, la cornée au verre transparent, les humeurs aqueuses et vitrées à l'eau qui remplit la boîte, le cristallin à la lentille biconvexe dont l'introduction est supposée; la face postérieure de la boîte répond à la rétine.

En outre, dans une chambre obscure ordinaire, on a trouvé utile d'employer ce qu'on appelle un diaphragme c'est-à-dire une plaque opaque avec un trou percé à son centre) sur le trajet des rayons lumineux, dans le but de modérer la lumière et d'intercepter les rayons de la périphérie qui, à cause de certaines propriétés optiques des

surfaces sphéroïdes, donne lieu à des défauts dans les images formées au foyer.

Dans l'œil, la place de ce diaphragme est prise par l'iris, qui a l'avantage spécial de se régler lui-même ; il agrandit son ouverture et laisse passer plus de lumière quand la lumière est faible ; il resserre au contraire cette ouverture et admet moins de lumière quand l'intensité en est grande.

19. Dans la chambre obscure aqueuse construite selon la description que l'on vient d'en faire, il existe un défaut qui provient de l'absence d'un mécanisme qui permette d'ajuster le foyer aux différentes distances des objets. Si la caisse est construite de telle sorte que la face interne et postérieure, sur laquelle on suppose que les images sont projetées, reçoit des images distinctes d'objets très-éloignés, les images des objets rapprochés ne seront pas distinctes. Semblablement, si la caisse est construite de façon à recevoir les images des objets rapprochés, à une distance donnée, celles des objets plus voisins ou plus distants, seront vagues et indistincts. Dans une chambre obscure ordinaire, on surmonte cette difficulté en faisant glisser les lentilles en dedans ou en dehors, procédé incompatible avec notre chambre obscure liquide. Toutefois, il existe évidemment un moyen — parmi beaucoup d'autres — à l'aide duquel cette adaptation aux distances peut être réalisée ; ce moyen consiste à placer une lentille moins convexe quand les objets sont éloignés, et plus convexe quand les images d'objets plus rapprochés doivent être projetées à l'arrière de la caisse.

Mais les choses reviendraient au même et seraient plus commodes, si une seule et même lentille pouvait changer sa convexité. Or c'est ce qui se produit dans l'adaptation de l'œil aux distances.

20. La manière la plus simple d'expérimenter sur l'*adaptation de l'œil* est d'enfoncer droites deux grosses aiguilles dans un morceau de bois carré, de façon qu'elles soient *à peu près* sur la même ligne droite, mais non exactement; il faut que l'œil, appliqué à une extrémité du morceau de bois, voie distinctement l'une des aiguilles, *a*, à 15 centimètres, et l'autre, *b*, de l'autre côté, à 30 centimètres environ.

Si l'observateur regarde l'aiguille *b*, il la verra très-distinctement sans le plus léger sentiment d'effort; tandis que l'image de *a* est confuse et plus ou moins double. Qu'il s'efforce, à ce moment, de voir distinctement l'aiguille *a*; il reconnaîtra qu'il peut y parvenir assez facilement, mais ce résultat sera accompagné d'une sensation de fatigue. A mesure que *a* deviendra distinct, *b* deviendra confus. Aucun effort ne parviendra à lui permettre de voir en même temps *a* et *b*.

21. On a tenté d'expliquer de différentes façons cette aptitude remarquable d'*accommodation* ou d'*adaptation* aux distances; mais ce n'est que dans ces dernières années que le problème a été résolu par la détermination exacte de la nature des modifications de l'œil qui accompagnent cet acte. Quand la flamme d'une bougie est portée près de l'œil d'une personne et un peu de côté, quiconque regarde dans l'œil d'un point de vue convenable, verra trois images de la flamme, deux droites et une renversée; une figure droite est réfléchie par la face antérieure de la cornée, qui sert de miroir convexe; la seconde image droite provient de la face antérieure du cristallin, qui a la même propriété, tandis que l'image renversée est donnée par la face postérieure du cristallin, qui, étant convexe en arrière, est concave en avant et agit comme miroir concave.

Supposez que le regard soit fortement fixé sur un objet distant, et ensuite qu'il vienne se poser sur un objet rap-

proché dans la même direction visuelle, la position du globe de l'œil restera la même. L'image droite réfléchie par la face antérieure de la cornée et l'image renversée qui est donnée par la face postérieure de la lentille resteront les mêmes ; or, on peut démontrer que le volume ou la position apparente de ces images devraient changer si la cornée ou la face postérieure de la capsule cristalline changeaient leur forme ou leur position. Mais la seconde image droite, celle qui provient de la face antérieure du cristallin change à la fois de volume et de position, de façon à démontrer que cette face est devenue plus convexe. Le changement opéré dans la forme du cristallin est représenté dans la figure 66

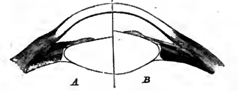


Fig. 66. — Changements de forme du cristallin pour l'accommodation aux distances.

A, accommodation aux objets éloignés ; B, aux objets rapprochés.

Ces faits peuvent être considérés comme *faits d'adaptation*, et doivent être d'accord avec toutes les théories de ce phénomène. Ils excluent tout d'abord les hypothèses suivantes : 1° que l'adaptation est un résultat de la compression du globe de l'œil par ses muscles, compression qui déterminerait un changement dans la forme de la cornée ; 2° qu'elle dépend d'un déplacement du corps de la lentille du cristallin, car sa face postérieure ne bouge pas ; 3° qu'elle est causée par la pression de l'iris sur la face antérieure de la lentille, car, dans ce cas, sa face pos-

térieure ne resterait pas immobile. Cette dernière hypothèse est, au surplus, réfutée par ce fait que l'adaptation a lieu alors même que l'iris n'existe pas.

Une seule théorie reste debout, qui est, selon toutes probabilités, la véritable, quoiqu'elle ne soit pas entièrement à l'abri des objections : le cristallin, qui est très-élastique, est habituellement maintenu à l'état de tension par l'élasticité de son ligament suspenseur, et a par conséquent une forme plus aplatie que s'il était abandonné à lui-même. Si le muscle ciliaire se contracte, il doit, ainsi que nous nous l'avons vu (§ 17), relâcher ce ligament et diminuer par là sa pression élastique sur la lentille. En conséquence, le cristallin deviendra plus convexe ; il reviendra à sa première forme quand le muscle ciliaire cessera de se contracter et permettra à la choroïde de reprendre sa place ordinaire.

Si telle est la véritable explication de l'adaptation aux distances, la sensation d'effort que nous ressentons doit provenir de la contraction du muscle ciliaire.

22. L'adaptation n'a lieu que dans une certaine étendue, qui est susceptible de modifications individuelles considérables ; d'ordinaire, aucun objet qui se trouve à moins de 25 centimètres ne peut être vu distinctement sans effort.

Mais plusieurs personnes sont nées avec la surface de la cornée plus convexe que d'autres, ou avec des yeux doués d'un pouvoir réfracteur plus considérable ; au contraire, à mesure que l'âge survient, la cornée s'aplatit d'ordinaire. Dans le premier cas, les objets situés aux distances habituelles ne sont point perçus distincts, parce que leurs images ne tombent pas sur la rétine, mais au-devant de la rétine ; dans le second cas, la même vue confuse résulte de ce que les rayons lumineux frappent la rétine avant de de s'être réunis au foyer (§ 12). Le défaut des yeux, dans

le premier cas (*myopie* ou vue courte), peut s'amender par l'usage des lunettes concaves, qui produisent une divergence des rayons lumineux ; dans le second cas (*presbytie* ou longue vue), par l'usage des verres convexes, qui font converger les rayons.

23. Les *muscles* qui meuvent le globe de l'œil sont au nombre de six, quatre muscles *droits*, deux *obliques*. Les muscles droits sont insérés en arrière de l'orbite, autour

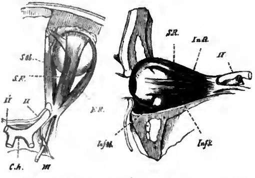


Fig. 67. — Muscles du globe de l'œil vu par sa face supérieure et par sa face externe.

SR, droit supérieur; *InfR*, droit inférieur; *SOb*, oblique supérieur; *InfOb*, oblique inférieur ; *Ch*, chiasma des nerfs optiques (II); III, troisième paire de nerfs craniens qui fournit des filets à tous les muscles, excepté à l'oblique supérieur et au droit externe.

dés bords du trou à travers lequel passe le nerf optique, et se dirigent directement vers leur insertion sur la sclérotique. L'un, le *droit supérieur*, en haut et au milieu; l'autre, le *droit inférieur*, en bas, au point opposé, et entre les deux, de chaque côté, les *droits externe* et *interne*. Le globe de l'œil est entièrement enveloppé de graisse en arrière et sur les côtés, et ces muscles le tournent comme sur un coussin; le droit supérieur relève l'axe de l'œil, le droit inférieur

l'abaisse, le droit externe le porte en dehors, l'interne en dedans.

Les deux muscles obliques sont tous deux attachés au côté externe du globe, et plutôt en arrière de son centre. Tous deux tirent selon une direction qui va du point d'insertion vers le côté interne de l'orbite, l'oblique inférieur parce qu'il prend naissance sur ce point, le supérieur parce que, bien qu'il prenne naissance en même temps que les muscles droits de la région postérieure de l'orbite, cependant, après être passé en avant et être devenu tendineux à l'angle supérieur et interne de l'orbite, il traverse une échancrure pratiquée à travers un ligament qui lui sert de poulie, et se dirige ensuite vers son insertion, en bas et en dehors. L'action des muscles obliques est assez compliquée, mais leur tendance ordinaire est de tourner le globe de l'œil sur son axe et de le pousser un peu en avant et en dedans.

24. Les *paupières* sont des replis de la muqueuse qui contiennent des lames minces de cartilage, et qui sont frangées à leurs bords de poils appelés *cils*; ces bords sont munis d'une série de petites glandes dites de *Meibomius*. Des fibres striées, disposées circulairement, se trouvent sous la peau des paupières et forment le muscle orbiculaire qui les ferme. La paupière supérieure est soulevée par un muscle spécial, l'*élévateur* de la paupière supérieure, qui naît en arrière de l'orbite et se dirige en avant pour se terminer dans la paupière. La paupière inférieure n'a pas d'abaisseur spécial.

25. Au bord des paupières, la peau se continue avec une membrane muqueuse délicate vasculaire et très-nerveuse, la *conjonctive*, qui tapisse l'intérieur de la paupière et la région antérieure du globe de l'œil; sa couche épithéliale se prolonge même sur la cornée. Les nombreux con-

duits d'une glande qui est placée dans l'orbite, en haut et en dehors du globe, la *glande lacrymale* (fig. 68), déversent

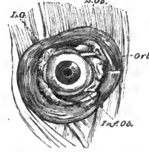


Fig. 68.
Vue antérieure de l'œil disséqué pour montrer : *Orb*, muscle orbiculaire des paupières ; poulie et insertion de l'oblique se voient *SOb* ; l'oblique inférieur en *InfOb* ; LG, glande lacrymale.

incessamment une sécrétion aqueuse entre la conjonctive qui tapisse la paupière supérieure et celle qui couvre le globe de l'œil. En dedans de l'œil se trouve un repli rougeâtre, la *caroncule lacrymale*, sorte de rudiment d'une troisième

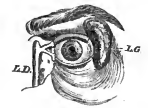


Fig. 69. — Vue antérieure d'un œil muni des paupières.
Glande lacrymale LG ; conduit lacrymal LD.

paupière que l'on rencontre chez beaucoup d'animaux. Au-dessus et en dessous, le bord de chaque paupière présente une petite ouverture, les *points lacrymaux*, qui est

15.

l'orifice d'un petit canal. Les canaux d'en haut et d'en bas convergent et viennent s'ouvrir dans le sac lacrymal, extrémité supérieure close d'un canal (LD, fig. 69) qui va de haut en bas de l'orbite au nez et s'ouvre en dessous du cornet nasal inférieur (fig. 54, *h*). C'est à travers ce système de canaux que la membrane muqueuse de la conjonctive est continue avec celle du nez, et c'est aussi par là que la sécrétion du canal lacrymal est ordinairement enlevée aussi vite qu'elle se forme.

Mais, dans certaines circonstances, comme lorsque la conjonctive est excitée par des vapeurs irritantes ou lorsque des émotions douloureuses s'emparent de l'esprit, la sécrétion de la glande lacrymale excède le drainage par le canal lacrymal, et le liquide qui s'accumule entre les paupières coule sous forme de larmes.

LEÇON X

COORDINATION DES SENSATIONS ENTRE ELLES ET AVEC LES PERCEPTIONS ET IDÉES

1. En exposant les fonctions des organes des sens, je me suis borné jusqu'ici à décrire les moyens à l'aide desquels l'agent physique d'une sensation spéciale est mis à même d'exciter un nerf sensitif, et j'ai donné une idée des sensations simples qui de la sorte sont engendrées.

Les sensations simples de ce genre sont celles que l'on peut produire par l'excitation d'une fibre nerveuse simple ou de plusieurs fibres, par un même agent. Telles sont les sensations de contact, de chaleur, de douceur, d'une odeur particulière, d'une note musicale, du blanc ou du rouge.

Mais un très-petit nombre de nos sensations offrent cette simplicité. Beaucoup, même parmi celles que nous avons l'habitude de regarder comme simples, sont en réalité composées de différentes sensations ou de sensations accompagnées d'idées ou de jugements. Dans les cas que nous venons de citer, par exemple, il est très-difficile de séparer la sensation de contact du jugement que quelque

chose nous touche; la sensation de douceur de l'idée d'une substance introduite dans la bouche; la sensation de son ou de lumière, du jugement que quelque chose en dehors de nous brille ou résonne.

2. Les sensations de l'odorat sont celles qui se trouvent le moins compliquées par des circonstances accessoires de cette nature. Ainsi des particules de musc se répandent avec une grande rapidité à travers les cavités nasales, et provoquent la sensation d'une odeur intense. Mais, à part la notion grossière d'une odeur dans le nez, cette sensation n'est accompagnée d'aucune idée de localisation ou de direction. Moins encore donne-t-elle lieu à une conception quelconque de forme ou de volume, de force, de succession ou de contemporanéité. Si un homme n'avait pas d'autres sensations que celle de l'odorat, et que le musc fût le seul corps odorant, il ne pourrait avoir aucun sentiment du *non-moi*, aucune faculté d'établir une distinction entre le monde extérieur et lui-même.

3. Comparez ce fait avec ce qui peut sembler être une sensation également simple obtenue en promenant un doigt sur une table, les yeux étant fermés. Cet acte donne la sensation d'une surface dure et plate extérieure à l'individu, qui semble être tout aussi simple que l'odeur du musc, mais qui, en réalité, est un état complexe de sensation composé :

(*a*) De sensations simples de contact.

(*b*) De sensations simples musculaires de deux genres, l'un provenant de la résistance de la table, l'autre des mouvements des muscles qui meuvent le doigt.

(*c*) Des idées de l'ordre dans lequel ces sensations simples se succèdent.

(*d*) De comparaisons entre ces sensations et leur ordre avec le souvenir des sensations analogues semblablement

coordonnées, qui auraient été perçues antérieurement.

(*e*) Du souvenir des impressions d'étendue, de surface plate, etc., faites sur l'organe de la vue, quand ces sensations antérieures, tactiles et musculaires, étaient perçues.

De telle sorte que, dans cet exemple, les seules sensations simples sont celles de contact et d'action musculaire. La plus grande partie de ce que nous appelons la sensation est une masse complexe d'idées et de jugements actuels et de souvenirs.

4. S'il reste dans l'esprit un doute que nous confondions ainsi en un tout indistinct, nos sensations et nos jugements, fermez les yeux comme auparavant, et, au lieu de toucher la table avec un doigt, prenez entre les doigts un crayon de mine de plomb arrondi et promenez-le sur la table. La « sensation » d'une surface dure et plate sera aussi nette qu'auparavant, et cependant la seule chose que vous touchiez est la surface arrondie du crayon, et les seules sensations simples que nous devions à la table sont celles qui nous sont données par le sens musculaire. En effet, dans ce cas, notre « sensation » d'une surface dure et plate est uniquement un jugement fondé sur ce que nous rapporte le sens musculaire des mouvements de certains muscles.

Un exemple encore plus frappant de la ténacité avec laquelle nous admettons les jugements complexes que nous croyons être de simples sensations, et que nous ne sommes pas aptes à analyser autrement que par un raisonnement abstrait, nous est donné par la sensation de rondeur. Quiconque prend une bille de marbre entre deux doigts dira qu'il sent un corps rond unique ; si on lui demande comment il sait que ce corps est rond, il serait probablement aussi embarrassé de répondre que si on lui demandait comment il sait qu'une odeur est une odeur.

Néanmoins, cette notion de rondeur est en réalité un jugement très-complexe, et l'on peut prouver qu'il en est ainsi par une expérience fort simple. Si l'on croise l'index et le médius, et que la bille soit placée entre les deux doigts, de façon à se trouver en contact avec les deux doigts, il est absolument impossible de ne pas croire qu'il y a là deux billes au lieu d'une seule. Même en regardant la bille et en voyant qu'il n'y en a qu'une, on n'affaiblit pas la preuve apparente, déduite du toucher, qu'il y en a deux[1].

La conséquence en est que nos idées de simplicité et de rondeur sont en réalité des jugements très-complexes, fondés sur quelques sensations simples; quand les conditions normales du jugement sont renversées, le jugement l'est également.

Si l'index et le médius restent dans leur position ordinaire, il est assurément impossible que les côtés externes de chaque doigt puissent toucher les points opposés d'un même corps sphéroïde. Si, dans la position naturelle et ordinaire de ces doigts, leurs faces externes nous donnent simultanément l'impression d'un sphéroïde (jugement déjà complexe), il est dans la nature des choses qu'il doit se trouver à leurs contacts deux sphéroïdes. Mais quand les doigts sont croisés sur la bille, le côté externe de chaque doigt est réellement en contact avec un sphéroïde, et l'esprit, négligeant le croisement des doigts, juge, d'après son expérience habituelle, que deux sphéroïdes, et non un seul, donnent lieu à la sensation qui est perçue.

5. Des phénomènes de ce genre sont souvent appelés

[1] Une forme amusante de cette expérience est d'appliquer les doigts croisés de la sorte à l'extrémité du nez, ce qui le fait sentir double. En dépit de l'absurdité de cette opinion l'esprit ne peut la chasser aussi longtemps que le sensation persiste.

illusions des sens ; mais il faut dire ici qu'il n'existe point de fausses sensations ou d'illusions des sens. Une sensation pour être telle doit exister et si elle existe doit être réelle et non illusoire. Mais les jugements que nous formons touchant les causes et les conditions des sensations dont nous avons conscience sont souvent erronées et décevantes. Ces jugements peuvent se produire dans le domaine de chaque sens ou par des combinaisons artificiellement combinées de sensations, ou par l'influence de conditions inaccoutumées du corps lui-même. Ces dernières donnent lieu à ce qu'on a appelé *sensations subjectives.*

L'humanité serait soumise à moins de déceptions si les hommes avaient constamment dans l'esprit qu'ils sont sujets à des jugements faux dus à des combinaisons inaccoutumées, artificielles ou naturelles, de sensations vraies. Les hommes disent « j'ai senti », « j'ai entendu », « j'ai vu » telles ou telles choses, alors que quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, ils veulent dire en réalité que dans leur jugement, certaines sensations du toucher, de l'ouïe ou de la vue, dont ils étaient conscients, étaient causés par telles ou telles choses.

6. Parmi les *sensations subjectives* qui sont dans le domaine du toucher, se trouvent celles de frôlement et de picotement de la peau qui sont communes dans certains états particuliers de la circulation. Les mauvaises odeurs et le goût nauséabond que l'on ressent dans quelques maladies sont dus très-probablement à des troubles similaires dans la circulation des organes sensoriels de l'odorat et du goût.

Bien des personnes sont sujettes à ce que l'on peut appeler le spectre auditif, sensations musicales qui offrent plusieurs degrés de complexité, résonnant dans l'oreille sans aucune cause externe, alors que l'on est complètement

éveillé. J'ignore si d'autres personnes sont troublées de la même façon que moi : en lisant des livres écrits par des auteurs que je connais, je suis parfois surpris d'entendre les mots prononcés exactement de même que ces personnes les prononceraient; toutes les bizarreries ou les particularités de la voix et du geste se trouvent aussi très-exactement reproduites. Je suppose que chacun doit avoir parfois été étonné d'entendre ses propres pensées reproduites par des voix très-distinctes.

Les exemples les plus singuliers de ces sensations subjectives nous sont fournis par l'organe de la vue.

Quiconque a été témoin des symptômes d'un homme affecté de *delirium tremens*, maladie nerveuse produite par l'ivrognerie, a dû être frappé de l'intensité des sensations subjectives du domaine de la vision. Le malade perçoit quelquefois des images distinctes de diables, de reptiles, mais presque toujours de quelque chose d'effrayant ou d'horrible.

7. Mais pour que ces illusions ou hallucinations visuelles très-distinctes apparaissent, il n'est pas nécessaire que le système nerveux soit évidemment malade. Des personnes qui sont en parfaite possession de leurs facultés et d'une haute intelligence peuvent être soumises à ces apparitions auxquelles aucune cause distincte ne peut être assignée. La meilleure preuve en est dans la célèbre observation de madame A... donnée par sir David Brewster dans son livre : *Natural Magic*. J'en citerai les points principaux :

1. La première hallucination à laquelle madame A.. s'est trouvée soumise n'affecta que l'oreille. Le 21 décembre 1830 à 4 heures et demie de l'après-midi environ, elle était auprès du feu et sur le point de s'habiller, lorsqu'elle entendit une voix qu'elle prit pour celle de son mari l'appeler par son nom en lui disant de

venir. Elle crut qu'il l'appelait de la porte pour la prier d'ouvrir, ce qu'elle fit ; elle fut très-surprise de ne voir personne. En retournant devant le feu elle entendit la même voix l'appeler distinctement et fortement. Elle ouvrit ensuite deux autres portes de la même chambre et ne voyant personne elle retourna devant le feu; quelques moments après elle entendit la même voix appelant encore « A moi, accourez! » d'un ton élevé plaintif et impatient; elle répondit sur le même ton « Où êtes-vous ? » mais ne recevant pas de réponse, elle quitta la chambre. Au retour de monsieur A., une demie-heure après, environ, elle s'enquit de la raison pour laquelle il l'avait si souvent appelée, où il était et elle apprit qu'il avait été éloigné de la maison tout le temps. Une hallucination analogue qui n'excita pas d'attention à cette époque survint à madame A... pendant son séjour à Florence dix ans auparavant alors qu'elle jouissait d'une parfaite santé. Pendant qu'elle se déshabillait après avoir assisté à un bal elle avait entendu une voix l'appeler plusieurs fois et distinctement par son nom, et elle fut à cette époque incapable de se l'expliquer.

2. Une autre hallucination d'un caractère plus alarmant survint ensuite à madame A... dix jours après, à quatre heures de l'après-midi. Madame A... en rentrant dans son salon qu'elle venait de quitter vit une personne qu'elle prit pour son mari et qui se tenait debout le dos tourné au feu. Comme il était sorti pour faire une promenade environ une demi-heure auparavant, elle fut surprise de le voir et lui demanda pourquoi il était revenu aussi vite. Cette apparition la regarda fixement avec une expression sérieuse et triste ; supposant que son esprit était absorbé, elle s'assit dans un fauteuil près du feu, à deux pieds au plus de sa vision, qui se tenait toujours devant elle. Cependant comme ses yeux continuaient à la regarder, elle dit au bout de quelques instants : « Pourquoi ne parlez-vous pas ? » L'apparition se dirigea immédiatement vers la fenêtre, à l'autre bout de la chambre avec ses yeux encore fixés sur elle, et, ce faisant, elle passa si près de M. A. qu'elle fut saisie de n'entendre ni pas ni bruit, et de ne sentir aucune agitation de l'air.

Quoiqu'elle fût convaincue que cette image n'était pas celle de son mari, elle ne supposa pas un moment qu'il y eût rien là de surnaturel et fut bientôt convaincue qu'il s'agissait d'une

illusion spectrale. Aussitôt que cette conviction se fût établie dans son esprit, elle se souvint de l'expérience que je lui avais suggérée de tenter de toucher l'objet; mais avant qu'elle fût distinctement en état de le faire, l'image s'était retirée vers la fenêtre où elle disparut. Madame A... la suivit immédiatement secoua les rideaux et examina la fenêtre... mais reconnaissant que cette apparition n'avait eu aucun moyen naturel de s'échapper, elle resta convaincue qu'elle avait eu une hallucination et n'en éprouva ni alarme ni crainte. La vision avait été si distincte qu'elle cachait les objets réels situés par derrière...

3. Madame A... eut une nouvelle hallucination quelques jours plus tard en présence de son mari. Vers 10 heures du soir elle vit distinctement un chat sur le tapis du salon où cet animal n'entrait jamais. Aux questions de son mari, madame A. désigne exactement la place où elle voyait le chat ; sur les négations répétées de M. A... madame A... suivit cette vision et la vit disparaître sous une chaise. Mais la chaise fut soulevée et la chambre fouillée en tous sens sans qu'on y découvrit de chat. Il fut établi que les deux animaux de cette espèce qui habitaient la maison se trouvaient à ce moment dans la chambre de la femme de charge.

4. Un mois après madame A... qui faisait sa toilette du soir vers onze heures, fatiguée mais parfaitement éveillée, vit dans son miroir l'image d'un parent qui se trouvait à ce moment en Écosse en parfaite santé. Cette image se présentait au-dessus de son épaule gauche enveloppée d'un linceul étroitement épinglé autour du corps et sous le menton. Madame A... décrit la sensation qu'elle éprouva en ce moment comme une sorte de fascination qui la forçait à considérer cette apparition mélancolique, distincte et vivace, pleinement éclairée par la lumière de sa table de toilette. Après quelques minutes madame A... se retourna pour considérer la réalité de cette image, mais elle ne la vit point et l'image elle-même avait disparu, quand elle regarda de nouveau dans son miroir...

. . . .

7. Le 17 mars suivant, madame A... prenait un [illegible] de pieds chaud, elle songeait à un passage saisissant qu'elle avait lu dans l'*Edinburgh Review* et s'en répétait les termes, lorsqu'en levant

les yeux, elle vit assis dans un grand fauteuil l'image de sa belle-sœur qui était morte. Cette image était revêtue d'une robe que madame A... n'avait jamais vu à la défunte, mais qu'une amie commune lui décrivit comme ayant été portée par cette dame pendant son dernier séjour en Angleterre. Madame A. analysa exactement la toilette, l'aspect et l'apparence de cette vision tranquillement assise dans le fauteuil, un mouchoir à la main.

Madame A... chercha à parler, mais elle y trouva quelque difficulté et en moins de trois minutes l'image disparut. Une minute après, M. A... entra dans la chambre et vit sa femme un peu nerveuse mais parfaitement convaincue du caractère illusoire de cette apparition. Quelques heures avant cette vision et d'autres du même genre, elle avait éprouvé une sensation particulière dans les yeux, sensation dont elle fut soulagée après la vision...

. . . .

9. Le 11 octobre suivant, madame A... vit l'image d'un autre ami également mort, qui de la fenêtre à un point éloigné du salon s'avança vers elle. Cette image s'approcha du feu et s'assit dans un fauteuil. Comme il se trouvait plusieurs personnes dans le salon, madame A... fut saisie de la crainte qu'on la crût folle si elle faisait part de son impression et elle franchit résolûment l'espace qui la séparait du fauteuil qu'occupait l'image fictive; elle s'y assit et l'apparition demeura parfaitement nette jusqu'à ce qu'elle fût assise; à ce moment elle disparut [1].

On doit dire ici que madame A... avait une imagination naturellement très-vive et qu'à l'époque où les plus importantes de ces hallucinations survinrent elle souffrait de bronchite et de mauvaises digestions.

Il est évident que, sans le courage exceptionnel et l'intelligence lucide de madame A. ., ces hallucinations eussent été une mine d'histoires de revenants du genre le plus

[1] Le traducteur a cru pouvoir sans inconvénients abréger les observations qui sont citées *in extenso* dans le texte anglais. Mais il n'a omis aucun trait important.

parfaitement authentique. La valeur spéciale de ces observations est en ceci : qu'elles démontrent que les témoignages les plus positifs des plus irréprochables témoins peuvent être tout à fait insuffisants pour établir la réalité objective d'une chose que leur témoin aurait vue.

Sans aucun doute madame A... a vu ce qu'elle dit avoir vu. Le témoignage de ses yeux, quant à l'existence des apparitions, celui de ses oreilles, quant aux voix, est en soi aussi parfaitement fidèle que si les objets avaient réellement existé. On ne saurait en effet douter que les parties de la rétine qui auraient été frappées par l'image d'un chat, les parties de son organe de l'ouïe qui auraient été mises en vibration par la voix de son mari que les parties du centre nerveux avec lesquelles les organes des sens sont en relation, avaient été placées dans un état correspondant d'activité par quelque cause interne.

Ce que les sens nous affirment n'est ni plus ni moins que le fait de leurs affections propres ; les sens ne nous apprennent rien quant aux causes de ces affections ; ils laissent l'esprit se former un jugement propre sur cette question. A la place de madame A... une personne légère ou superstitieuse aurait établi un jugement faux et s'y serait retranché en s'autorisant de ce que « l'on doit croire à ce que l'on voit. »

8. Les erreurs de jugement qui ne sont pas produites par des conditions anormales de l'organisme, mais par des combinaisons exceptionnelles ou artificielles de sensations, ou par des suggestions d'idées, sont extrêmement nombreuses et parfois très-remarquables.

Nous avons signalé quelques-unes de celles qui proviennent de la sensation du toucher; j'ignore s'il en est qui

proviennent de l'odeur ou du goût, mais l'audition est une source fertile en erreurs de ce genre.

Ce que l'on appelle *ventriloquisme* (ou parler du ventre) et qui souvent est attribué à un soi-disant pouvoir mystérieux qui produit la voix ailleurs que dans le larynx dépend entièrement de l'exactitude avec laquelle l'exécutant peut simuler des sons d'un caractère particulier et de l'habileté avec laquelle il peut suggérer des opinions, quant aux causes de ces sons. Ainsi, si le ventriloque désire faire naître l'idée qu'une voix sort des entrailles de la terre, il imite avec une grande exactitude le son de voix à moitié étouffées et suggère l'existence d'une personne qui les prononce en dirigeant ses réponses et ses gestes vers le sol. Ces gestes et ces sons ressemblent à ceux qui seraient réellement produits par une cause donnée, et l'esprit du spectateur, en l'absence de toute autre cause apparente, croit insensiblement à l'existence de la cause suggérée.

9. Les erreurs de jugement qui proviennent du sens de la vue, les *illusions d'optique* sont plus nombreuses que les autres, parce qu'un grand nombre des sensations que nous croyons être simplement visuelles sont en réalité des sensations composées et très-complexes de sensations visuelles et factices et d'appréciations et souvenirs de sensations et de jugements antérieurs.

Il sera instructif d'analyser quelques-uns de ces jugements dans leurs principes et d'expliquer les illusions par l'application de ces principes.

10. *Quand par le toucher on sent un corps en un lieu donné, l'image de ce corps tombe sur un point de la rétine qui se trouve à une extrémité d'une ligne droite tracée entre ce corps et la rétine et qui traverse un point particulier du centre de l'œil. Cette ligne droite s'appelle l'axe optique.*

Réciproquement, *quand une partie quelconque de la*

surface de la rétine est excitée, la sensation lumineuse est rapportée par l'esprit à quelque point extérieur du corps dans la direction de l'axe optique.

C'est pour cette raison que, quand un phosphène est provoqué par la pression sur le côté inférieur et externe du globe de l'œil, par exemple, l'image lumineuse paraît se trouver au-dessus et sur le côté interne de l'œil, tout objet extérieur qui peut produire la sensation de lumière dans la partie de la rétine qui est pressée, doit en effet occuper ce lieu; de là l'esprit rapporte la lumière vue à un objet situé en ce lieu.

11. Le même genre d'explication est applicable à l'apparent paradoxe que, tandis que toutes les images des objets extérieur sont certainement renversées sur la rétine par l'action des milieux réfringents de l'œil, nous les voyons cependant droits. On comprend difficilement ce fait, si l'on ne réfléchit pas que la rétine n'a en soi aucun moyen d'indiquer à l'esprit quelle est celle de ses parties qui est en bas, quelle est celle qui est en haut; l'esprit apprend à désigner une impression sur la rétine haute ou basse, droite ou gauche, simplement en raison de l'association de cette impression avec certaines impressions tactiles coïncidentes. En d'autres termes, quand une partie de la rétine est affectée, l'objet qui provoque cette affection se trouve être près de la main droite; quand c'est une autre partie de la rétine, cet objet se trouve être près de la gauche; quand c'est une autre partie, la main doit être soulevée pour atteindre l'objet, et quand c'est encore une autre partie, elle doit être abaissée. C'est ainsi que les diverses impressions faites sur la rétine s'appellent *droites, gauches, supérieures, inférieures*, tout à fait indépendamment de leurs positions réelles, dont l'esprit n'a et ne peut avoir aucune connaissance.

12. *Quand un corps extérieur est reconnu au toucher comme simple, il ne forme qu'une image sur la rétine d'un œil simple; et quand deux ou plusieurs images tombent sur la rétine d'un œil simple, ils proviennent ordinairement d'un nombre correspondant de corps qui sont distincts au toucher.*

Réciproquement, *la sensation de deux ou plusieurs images est jugée par l'esprit provenir de deux ou plusieurs objets.*

Si deux trous d'épingles sont pratiqués dans un morceau de carton à une distance moindre que le diamètre de la pupille et que l'on place ensuite très-près de l'œil un petit objet, tel que la tête d'une épingle, si l'on regarde cette tête d'épingle à travers les trous, on apercevra deux images. La raison en est de ce que les rayons lumineux qui proviennent de la tête de l'épingle sont divisés par la carte en deux petits pinceaux de lumière qui arrivent à l'œil de chaque côté du centre et ne peuvent être réunis en foyer en raison du rapprochement de l'épingle de l'œil. Il s'en suit qu'elles tombent sur différentes parties de la rétine et que chaque pinceau étant très-petit fait de soi-même une image parfaitement distincte sur la rétine; chacune de ces images est rapportée extérieurement dans la direction de l'axe optique approprié (§ 10) et l'on voit deux têtes d'épingle au lieu d'une. Une explication analogue peut s'appliquer aux *verres multiplicateurs et aux cristaux à double réfraction* qui, chacun à leur manière, divisent les pinceaux lumineux provenant d'un objet simple en deux ou plusieurs faisceaux. Ils donnent lieu à un même nombre d'images chacune desquelles est rapportée par l'esprit à un objet distinct.

13. *Certains phénomènes visuels acccompagnent ordinairement ceux qui résultent des sensations tactiles aux-*

quelles nous donnons le nom de volume de distance et de fo. me. Ainsi, toutes choses d'ailleurs égales, la portion de retine recouverte par l'image d'un gros objet est plus grande que celle qui est recouverte par l'image d'un petit objet; la portion recouverte par l'image d'un objet rapproché est plus grande que celle qui est recouverte par l'image d'un objet éloigné et, toutes choses d ailleurs égales, un objet voisin est plus brillant qu'un objet distant. De plus les images des objets diffèrent des formes de leurs surfaces telles que le détermine les toucher.

Réciproquement, *si ces phénomènes visuels peuvent se produire, ils suggèrent inévitablement la croyance à l'existence d'objets suffisants pour produire les sensations tactiles correspondantes.*

Ce que l'on appelle *perspective solide* ou *aérienne* en dessin ou en peinture repose sur l'application de ces principes. C'est une espèce de ventriloquisme visuel. Le peintre met sur sa toile tout ce qu'il faut pour produire sur la rétine des images qui ont la forme, le volume relatif et l'intensité lumineuse de celles qui seraient produites par les objets naturels eux-mêmes. Et pour autant que le succès d'un tableau dépend de l'imitation, il dépend de l'étroitesse de la ressemblance entre les images qu'il produit sur la rétine et celles qui seraient produites par les objets représentés.

14. Pour la plupart des gens, l'image d'une épingle à cinq ou six pouces de l'œil semble confuse et indistincte, l'œil n'étant pas capable de s'ajuster à un foyer aussi court. Si l'on fait un petit trou dans un morceau de carton, les rayons de la circonférence qui déterminent la confusion sont coupés et l'image devient plus distincte. Mais en même temps elle est agrandie, parce que l'image de l'épingle occupe sur la rétine un espace beaucoup plus

grand quand elle est rapprochée que quand elle est éloignée. Tous les verres convexes produisent le même résultat; tandis que les lentilles concaves diminuent le volume apparent d'un objet, parce qu'elles diminuent la surface de son image sur la rétine.

15. La lune ou le soleil, quand ils sont près de l'horizon apparaissent beaucoup plus grands que quand ils sont élevés au-dessus de nos têtes. Dans cette dernière situation, en effet, nous n'avons aucun objet de comparaison, et la petite étendue de la surface de la rétine qu'occupe leur image nous suggère un petit volume absolu. Mais, à mesure qu'ils descendent nous les voyons passer derrière de gros arbres et des édifices que nous savons être très-gros et très-distants et occupant toutefois sur la rétine un plus large espace que les derniers. De là une vague suggestion d'un volume plus considérable.

16. Si une surface convexe est éclairée par un côté, le côté tourné vers la source lumineuse est brillant. Celui qui n'est pas éclairé est obscur ou dans l'ombre; une surface concave au contraire, est obscure du côté de la source lumineuse et brillante de l'autre côté.

Si une médaille avec une face bien détachée est éclairée latéralement, nous savons immédiatement que la tête fait saillie à la surface par la disposition de la lumière et de l'ombre; et si l'on éclaire de la même façon un *intaglio* ou médaille taillée en creux, ce caractère est rapidement jugé par l'œil.

Mais si maintenant l'on regarde l'une ou l'autre des médailles éclairées de la sorte, à travers une lentille convexe qui change sa position, les côtés lumineux et obscurs seront intervertis. Cette interversion changera le jugement que nous porterons, de sorte que la gravure en relief sera jugée creuse et la gravure creuse sera jugée en relief; car

bien que la lumière vienne toujours du même point, le relief aura les ombres du creux et *vice versa*. Cependant cette usurpation est si complètement une question d'application que si une épingle est enfoncée à côté de la médaille de façon à projeter une ombre, l'épingle et son ombre se trouvant renversées par la lentille donneront à l'esprit l'idée que la direction de la lumière est pareillement renversée et les médailles auront l'apparence de ce qu'elles sont réellement.

17. *Toutes les fois que l'on observe un objet extérieur qui change rapidement de forme, une série continue de différentes images de l'objet s'imprime sur le même point de la rétine.*

Réciproquement, *si une série continue de différentes images du même objet impressionne le même point de la rétine, l'esprit juge qu'elles sont dues à un objet extérieur simple, subissant des changements de forme.*

Tel est le principe du curieux jouet appelé le *thaumatrope* à l'aide duquel en regardant par un trou on voit l'image de joueurs, lançant, recevant des balles, ou d'enfants jouant à saute-moutons. On obtient cet effet en peignant à intervalles réguliers sur un disque de carton des figures et des joueurs dans les diverses attitudes nécessaires pour lancer des balles ou pour les attraper ou en représentant des enfants sautant et se plaçant le dos courbé après le saut.

On fait ensuite tourner le disque devant une petite ouverture de sorte que chaque image se présentera un moment et suivra celle qui la précède avant que l'impression de cette dernière se soit effacée. Le résultat sera que la succession des différentes images suggère irrésistiblement qu'un ou plusieurs objets subissent des changements successifs, les joueurs de balles seront vus dans l'action de

lancer, les enfants dans l'action de sauter sur le dos de leurs camarades.

18. Quand le toucher trouve qu'un *objet extérieur est simple, les centres de ses images sur la rétine dans les deux yeux tomberont sur les centres des taches jaunes des deux yeux, quand ils seront dirigés vers ce point; mais, s'il y a deux objets extérieurs, les centres de leur double image ne peuvent tomber en même temps sur les centres des taches jaunes.*

Réciproquement, *quand les centres de deux images formées simultanément dans les deux yeux tombent sur les centres des taches jaunes, l'esprit juge que les images sont produites par un seul objet extérieur. Quand ces conditions ne se réalisent pas, il y a deux objets.*

Cette règle est la seule explication admissible des faits suivants : quand un objet paraît simple au toucher et simple aussi quand on le regarde avec un seul œil, il paraît également simple quand on le regarde avec deux yeux, quoique deux images en soient nécessairement formées; d'autre part, quand les centres de deux images d'un seul objet ne tombent pas sur les centres des taches jaunes, on voit les deux images séparément et l'on a une double vision. Quand on louche, les axes des deux yeux ne convergent pas également vers l'objet regardé. En conséquence quand le centre de l'image formée dans l'un des yeux tombe sur la tache jaune, la portion correspondante de celle qui est formée dans l'autre œil ne tombe pas sur la tache jaune et la double vision se produit.

19. *Dans la vue simple avec deux yeux, les axes des deux yeux des mouvements desquels le sens musculaire donne une notion, se coupent sous un angle plus grand quand l'objet se rapproche, et sous un angle plus petit quand il s'éloigne.*

Réciproquement, *si, sans changer la position d'un objet, les axes des deux yeux qui le regardent peuvent converger ou diverger, l'objet semblera s'approcher ou s'éloigner.*

Dans l'instrument qui porte le nom de *pseudoscope* des miroirs ou prismes sont disposés de telle façon que les rayons lumineux provenant d'un objet immobile peuvent faire changer l'angle sous lequel ils entrent dans les deux yeux et obliger ainsi les axes des deux yeux à devenir plus ou moins convergents. Dans le premier cas, l'objet semble se rapprocher; dans le second, il semble s'éloigner.

20. *Quand un corps d'un volume ordinaire que le toucher a reconnu solide est vu avec les deux yeux, ses images formées dans les yeux sont nécessairement différentes; l'une se montre un peu plus du côté droit du solide, l'autre un peu plus de son côté gauche. Néanmoins elles se confondent en une image commune qui donne l'impression d'un corps solide.*

Réciproquement, *si les deux images de l'aspect droit et de l'aspect gauche d'un corps solide tombent sur la rétine des deux yeux, de façon à se confondre en une image commune, l'esprit juge qu'elles proviennent d'un objet unique solide qui, seul, dans des circonstances ordinaires est apte à les produire.*

Le stéréoscope est construit sur ce principe. Quelle qu'en soit la forme, il est construit de façon à projeter les images de deux dessins d'un corps solide, telles qu'elles seraient obtenues par l'œil gauche et par l'œil droit du spectateur sur des parties de la rétine de la personne qui se sert du stéréoscope, qui recevraient ces images si elles provenaient réellement d'un corps solide. L'esprit juge immédiatement qu'elles proviennent d'un seul corps extérieur, solide et voit le corps au lieu des deux images.

L'opération mentale sur les sensations qui sont déterminées par les deux yeux est exactement comparable à celle qui a lieu quand, lorsque nous tenons une bille de marbre entre le pouce et un doigt, nous déclarons que nous ne tenons qu'une seule sphère (§ 4). En réalité la sensation transmise au cerveau dans ce cas par le sens du toucher, n'est en aucune façon celle d'un seul corps sphéroïdal, mais celles de deux surfaces convexes distinctes. Que ces deux surfaces convexes appartiennent ou non à la même sphère, c'est là un acte de jugement ou un procédé de raisonnement inconscient fondé sur plusieurs particularités d'expériences passées et actuelles desquelles nous n'avons pour le moment aucune conscience distincte.

LEÇON XI

SYSTÈME NERVEUX ET INNERVATION

1. Nous avons vu que les organes des sens sont les intermédiaires à l'aide desquels des agents physiques particuliers sont mis à même d'exciter des nerfs sensoriels avec lesquels ces organes ont des connexions ; l'activité de ces nerfs se démontre par celle de l'organe central du système nerveux qui devient manifeste sous la forme d'un état de conscience — la sensation.

Nous avons vu aussi que les muscles sont des agents à l'aide desquels un nerf moteur, excité par l'organe central avec lequel il est en rapport, est apte à produire le mouvement.

Les nerfs sensitifs, les nerfs moteurs et leur organe central constituent la plus grande portion du système nerveux que nous devons étudier de plus près, de même que sa fonction, — l'innervation, — dans ses détails et dans son ensemble.

2. L'appareil nerveux se compose de deux sortes de nerfs et de centres nerveux qui sont intimement rappro-

chés et peuvent toutefois être commodément étudiées séparément. Ce sont le système *cérébro-spinal* et le *système sympathique* ou *ganglionnaire*. Le premier comprend l'*axe cérébro-spinal* (qui se compose du cerveau et de la moelle) et les nerfs qui du cerveau et de la moelle qui sont en rapport avec cet axe. Le second comprend la chaîne des *ganglions sympathiques*, les nerfs qui s'en détachent et les nombreux cordons nerveux par l'intermédiaire desquels ils sont réunis l'un à l'autre et avec les nerfs cérébro-spinaux.

3. L'axe cérébro-spinal se trouve dans la cavité du crâne et de la colonne vertébrale dont les parois osseuses sont enveloppées d'une membrane fibreuse très-épaisse qui sert de périoste aux os qui forment ces régions et qui s'appelle la *dure-mère*. Le cerveau et la moelle épinière sont en outre étroitement recouverts d'une seconde membrane fibreuse très-vasculaire, la *pie-mère*. Les nombreux vaisseaux qui fournissent le sang à ces organes se dirigent pendant quelque temps dans l'épaisseur de la pie-mère et quand ils pénètrent dans la substance même du cerveau et de la moelle, le tissu fibreux de la pie-mère les accompagne à une profondeur plus ou moins grande.

La surface externe de la pie-mère et la surface interne de la dure-mère sont constituées par un tissu fibreux tapissé par un épithélium et que l'on nomme la membrane arachnoïde. De sorte qu'une couche de l'arachnoïde recouvre le cerveau et la moelle épinière, l'autre tapisse la dure-mère. Comme ces deux couches se rejoignent sur certains points, ils forment en ce cas une sorte de sac fermé comme le *péricarde* et de même que les autres membranes séreuses, elles sécrètent entre leurs deux faces un liquide qui porte le même nom que la membrane. L'espace compris entre les deux couches de l'arachnoïde au cerveau est en général fort petit; mais celui qui existe entre les

couches correspondantes de l'arachnoïde de la moelle est plus grand.

4. La moelle épinière est une colonne de substance molle d'un gris verdâtre qui s'étend du sommet du canal vertébral où elle se continue avec le cerveau à la seconde vertèbre lombaire où elle se termine en un filament ; elle offre sur sa face antérieure un *sillon* profond qui la divise en deux portions, presque jusqu'au centre ; en arrière, un *sillon postérieur* qui pénètre égalment jusque près du

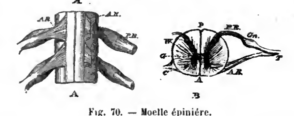


Fig. 70. — Moelle épinière.

A, face antérieure d'une portion de la moelle. Du côté droit les racines antérieurs *AR* sont entières ; du côté gauche elles sont coupées pour laisser voir les racines postérieures *PR*.

B, section transversale de la moelle. *A*, sillon antérieur ; *B*, sillon postérieur ; *G*, canal central ; *C*, matière grise ; *W*, matière blanche ; *AR*, racine antérieure ; *PR*, racine postérieure ; *Gn*, ganglion, et *T*, tronc d'un nerf rachidien.

centre la divise pareillement. La pie-mère se prolonge dans chacun de ces sillons et supporte les vaisseaux qui fournissent du sang à la moelle. En raison de l'existence de ces sillons les deux moitiés de la moelle ne sont réunies que par un point étroit de la substance médullaire et ce point est traversé dans toute sa longueur par le canal central de la moelle.

Chaque moitié de la moelle est divisée longitudinalement en trois parties égales par les lignes d'insertion de

-deux séries parallèles de petits paquets de cordons nerveux, les racines des nerfs spinaux; celles de ces racines qui naissent le long de la ligne qui est plus voisine de la surface postérieure de la moelle, s'appellent les racines postérieures ; celles qui naissent près de l'autre ligne s'appellent les racines antérieures. Un certain nombre de racines antérieures et postérieures au même niveau sur chaque côté de la moelle convergent au même point et forment les faisceaux antérieurs et postérieurs; alors les deux faisceaux antérieurs et postérieurs forment le tronc d'un nerf spinal; mais auparavant le faisceau postérieur offre un renflement qui porte le nom de ganglion des racines postérieures.

Les troncs des nerfs spinaux sortent du canal vertébral par des ouvertures appelées *trous de conjugaison;* se divisent et se subdivisent ensuite; leurs ramifications ultimes sont aux muscles et à la peau.

Il y a trente et une paire de nerfs spinaux et, par conséquent deux fois autant de racines de nerfs spinaux qui émergent en deux séries latérales de chaque moitié de la moelle.

5. Une section transversale de la moelle (fig. 70, *B*) montre que chaque moitié contient deux substances : à l'extérieur, une *substance blanche*, à l'intérieur, une *substance rouge-grisâtre*. Cette substance grise est disposée de façon que dans une section transverse elle a la forme d'un croissant dont une extrémité serait plus grosse que l'autre et dont la concavité serait dirigée en dehors; les deux extrémités du croissant s'appellent des *cornes;* l'une, dirigée en avant, *corne antérieure*, l'autre, dirigée en arrière, *corne postérieure*. Les côtés convexes des cornes de matière grise qui se rapprochent l'un de l'autre et sont réunis par le pont qui renferme le canal central.

Plusieurs des fibres nerveuses dont sont composées les racines antérieures peuvent être suivies dans la corne antérieure ; celles des racines postérieures entrent dans la corne postérieure.

6. Les propriétés physiologiques des organes que nous venons de décrire sont très-remarquables.

Si le tronc d'un nerf rachidien est irrité d'une façon quelconque par le pincement, la section, la galvanisation ou l'application d'un corps chaud, deux choses arrivent : en premier lieu, tous les muscles auxquels se distribuent les filaments de ce nerf se contractent ; en second lieu, on provoque de la douleur, et cette douleur se rapporte à la partie de la peau à laquelle ces nerfs se distribuent. En d'autres termes les effets qui suivent l'irritation d'un tronc nerveux sont les mêmes que ceux qui sont consécutifs à l'irritation des fibres qui le suivent jusqu'à sa terminaison.

Ces effets se reproduiront après l'irritation d'une portion quelconque des branches du nerf; toutefois, quand une branche nerveuse est irritée, les seuls muscles qui en seront directement affectés et la seule région de la peau à laquelle la douleur se rapporte seront ceux auxquels cette branche envoie des fibres nerveuses. Ces mêmes effets suivront l'irritation d'une portion quelconque d'un tronc nerveux jusqu'au point auquel se réunissent les racines antérieures et postérieures des nerf rachidiens.

7. Si le faisceau de racines antérieures est seul irrité, on n'observera que la moitié des effets signalés plus haut ; en d'autres termes, tous les muscles auxquels les fibres de ces racines se distribuent se contracteront, mais on ne percevra aucune douleur.

De même si le faisceau postérieur pourvu de ganglions est irrité, on n'observera que la moitié des effets observés en irritant tout le tronc. Mais c'est l'autre moitié, c'est-à-

dire qu'aucun des muscles auxquels le nerf se distribue ne se contractera, mais qu'une douleur intense est rapportée à l'aire de la peau à laquelle les fibres nerveuses se distribuent.

8. D'après ces expériences, il est évident que la faculté de provoquer des contractions musculaires que possède un nerf de la moelle est localisée tout entière dans les fibres qui composent ses racines antérieures et la faculté de donner naissance à des sensations dans les fibres des racines postérieures. C'est pourquoi les racines antérieures sont appelées d'ordinaire *motrices*, les postérieures, *sensitives*.

Cette théorie peut être démontrée autrement. Si l'on coupe sur un animal vivant les racines antérieures d'un nerf rachidien, cet animal perd toute influence sur les muscles auxquels ce nerf se distribue, quoique la sensibilité de la région de la peau auquel ce nerf se distribue soit intacte. Si l'on coupe les racines postérieures, la sensation s'abolit, mais les mouvements musculaires persistent. Mais, si les deux racines sont coupées, ni le mouvement volontaire ni la sensibilité ne persistent dans les régions auxquelles le nerf se distribue, les muscles sont dits *paralysés*, et l'on peut couper ou brûler la peau sans provoquer aucune sensation.

Si, quand les deux racines sont coupées, l'extrémité des racines motrices qui reste attachée aux nerfs (*bout central*) est irritée, les muscles se contractent; mais si c'est l'extrémité qui reste attachée à la moelle que l'on irrite, il ne se produit aucun effet appréciable. D'autre part, si l'extrémité de la racine sensitive qui fait partie du nerf coupé (*bout périphérique*) est irritée, on n'obtient aucun résultat, tandis que si c'est l'extrémité qui reste attachée à la moelle (bout central), une douleur intense s'en suivra immédiatement.

Quand même aucun effet apparent ne suit l'irritation d'un nerf, il n'est pas probable qu'aucun changement ne s'effectue dans les molécules de ce nerf. Il parait, au contraire, que les mêmes modifications se présentent dans tous les cas ; mais un nerf moteur n'est en relation avec aucun organe qui puisse rendre ce changement manifeste, à l'exception du muscle, et un nerf sensible avec rien qui puisse rendre un effet quelconque, excepté avec le système nerveux central.

9. On remarquera que, dans toutes les expériences que nous mentionnons, il y a des preuves que quand un nerf est irrité, un quelque chose, probablement un changement dans le groupement de ses molécules se propage le long des fibres nerveuses. Si un nerf moteur ou sensitif est irrité sur un point quelconque, ou une contraction du muscle, ou une sensation de l'organe nerveux central s'en suivront immédiatement. Mais si le nerf est coupé, ou même étroitement serré sur un point quelconque entre la partie irritée et le muscle ou l'organe central, cet effet cessera tout d'un coup, de même que la section d'un fil télégraphique interrompra la transmission du courant ou de l'impulsion électrique. Quand un membre est ce que nous appelons *endormi* (fourmillements), c'est parce que les nerfs qui s'y distribuent ont été soumis à une pression suffisante pour détruire la continuité nerveuse des fibres[1], nous perdons

[1] Nous disons leur continuité nerveuse, parce que leur continuité physique n'est pas interrompue dans l'ensemble, mais seulement dans la substance conductrice de l'influx nerveux ; il se peut aussi que ce ne soit que le pouvoir conducteur d'une partie de cette substance qui soit affecté. Imaginez un câble télégraphique composé de tubes en caoutchouc délicats remplis de mercure une pression sur les tubes interromprait la continuité électrique du câble sans interrompre, sans détruire sa continuité physique. Cette comparaison peut n'être point exacte, mais elle aide à comprendre les phénomènes nerveux.

tout contrôle volontaire sur ce membre, et toute sensation locale et les pouvoirs ne sont graduellement restitués que quand la continuité nerveuse est rétablie.

Étant arrivé à la notion d'une impulsion qui voyage le long des nerfs, nous passons aisément à la conception d'un nerf sensitif qui, à l'état d'activité, transmet une impulsion à l'organe central; ce nerf est *afférent* ou *centripète;* nous concevons aussi un nerf moteur qui transmet une impulsion de cet organe central aux membres. Ce nerf est *efférent* ou *centrifuge*. Il est très-commode de se servir de ces termes pour qualifier les deux grands ordres de nerfs; car, ainsi que nous le verrons (§ 12), il y a des nerfs afférents, ou centripètes, qui ne sont pas sensitifs, et il peut y avoir chez l'homme, — il y certainement chez les animaux, — des nerfs efférents, ou centrifuges, qui ne sont pas moteurs, au moins dans le sens qui impliquerait une contraction musculaire. Tels sont, par exemple, les nerfs à l'aide desquels les poissons électriques donnent des décharges électriques qui proviennent d'organes particuliers auxquels ces nerfs se distribuent.

10. Il n'y aucune différence dans les caractères physiques et chimiques des nerfs efférents et afférents. L'impulsion qui voyage le long de leurs fibres demande un certain temps pour se propager et est beaucoup plus lente que plusieurs autres forces, plus lente même que le son.

On a trouvé que, pendant la vie, le tronc d'un nerf est dans un certain état d'activité électrique, car les extrémités d'un segment quelconque sont dans des conditions de polarisation différentes de sa surface. Si donc l'un des pôles d'un galvanomètre est mis en rapport avec l'extrémité d'un nerf coupé de la sorte et l'autre pôle avec sa surface, un courant se produit et l'aiguille du galvanomètre dévie d'une certaine quantité, disons 20°. Si, dans ces circonstances,

le nerf est irrité (ce qui aura pour résultat la propagation d'une impulsion le long de ses molécules), la déviation de l'aiguille diminue subitement et tombe, par exemple, à 15°.

Cela s'appelle la déviation négative, et l'importance de cette expérience consiste dans la démonstration qu'elle donne de l'existence d'une relation étroite entre la force propre à la substance nerveuse et l'une des forces ordinaires de la nature, l'électricité, quoique cette étroite relation ne puisse aucunement être confondue avec l'identité.

11. Jusqu'ici nos expériences ont été limitées aux nerfs. Nous pouvons, par les mêmes procédés, vérifier les propriétés de la moelle épinière. Si la molle est coupée en travers (au milieu du dos, par exemple), les jambes et toutes les parties du corps auxquelles se distribuent les nerfs qui sortent en dessous de la section seront rendues insensibles et aucun effort de la volonté ne pourra les mettre en mouvement, tandis que toutes les parties situées au-dessus de la section conserveront leurs facultés ordinaires.

Quand un homme reçoit une contusion sur le dos, la moelle est souvent endommagée, au point qu'elle est virtuellement coupée en deux, et alors la paralysie et l'insensibilité des régions inférieures survient.

Si, lorsque la moelle épinière est coupée en travers chez un animal, le bout coupé de la portion inférieure — celle qui est séparée du cerveau — est irrité, des mouvements violents se produisent dans tous les muscles auxquels des nerfs sont fournis par la portion inférieure de la moelle, mais on n'y détermine aucune sensation. D'autre part, si l'on irrite la racine postérieure d'un nerf quelconque attaché à la partie de la moelle qui conserve ses rapports avec le cerveau, on produit des douleurs très-vives, mais on n'observe aucun mouvement des muscles de la région situé au-dessous de la section.

12. Ainsi l'on peut dire que, dans ses relations avec le cerveau, la moelle est un gros nerf mixte à la fois moteur et sensitif. Mais la moelle est plus encore ; si, en effet, on coupe transversalement le tronc d'un nerf qui sort de la moelle (nerf rachidien) de façon à le détacher de ses connexions avec la moelle, l'irritation de la partie de la peau à laquelle les fibres sensitives de ce nerf se distribuent ne produira ni mouvements, ni sensations.

Mais si la moelle est coupée de façon à lui ôter toute connexion avec le cerveau, cette même irritation de la peau appliquée aux parties situées au-dessous de la section ne donnera lieu à aucune sensation, mais produira des mouvements violents dans les parties qui reçoivent leurs nerfs moteurs du segment de la moelle situé au-dessous de la section.

Ainsi, dans le cas supposé plus haut d'un homme dont les jambes sont paralysées et insensibles par suite d'une lésion de la moelle épinière, le chatouillement de la plante des pieds déterminera des mouvements saccadés et convulsifs dans les jambes. On peut dire, d'une façon très-générale, qu'aussi longtemps que les deux racines des nerfs rachidiens conserveront leurs connexions avec la moelle, l'irritation d'un nerf afférent (centripète) quelconque est apte à donner lieu à la provocation de quelques-uns ou de tous les nerfs efférents (centrifuges) qui sont en continuité avec la moelle.

Si la moelle est coupée une seconde fois à une distance quelconque au-dessous de la première section, les nerfs efférents ne continueront pas à être affectés par l'irritation des nerfs afférents situés au-dessus de cette section, mais seulement par ceux qui sont au-dessous de la seconde section. En d'autres termes, pour qu'une impulsion centripète puisse être convertie en impulsion centrifuge par l'action

de la moelle épinière, le nerf afférent ou centripète doit se trouver en communication matérielle sans solution de continuité avec le nerf efférent ou centrifuge à l'aide de la substance de la moelle.

Cette propriété particulière de la moelle, en vertu de laquelle elle est apte à transformer les impulsions centripètes en impulsions centrifuges, est celle qui la distingue physiologiquement d'un nerf; elle caractérise la moelle comme organe central et s'appelle action réflexe. Cette propriété est possédée par la substance grise et non par la substance blanche de la moelle.

13. Le nombre des nerfs efférents qui peuvent être excités par les actions réflexes de la moelle n'est point déterminé par le nombre des nerfs afférents que peut stimuler l'irritation qui donne lieu à l'action réflexe. D'ailleurs la simplicité d'une excitation des nerfs afférents n'implique en aucune façon une simplicité correspondante dans l'arrangement et la succession des impulsions motrices réflexes. Le chatouillement de la plante des pieds est une excitation très-simple des fibres afférentes des nerfs de cette région; mais pour produire les actes musculaires en vertu desquels les jambes sont fléchies, un grand nombre de fibres efférentes doivent agir en combinaison réglée. En effet, dans le plus grand nombre des cas, une action réflexe doit être considérée plutôt comme un ordre transmis à la moelle par un nerf afférent et exécuté par la moelle que comme une simple réaction de l'impulsion centripète sur les premiers agents centrifuges qui se présentent à son activité.

14. La moelle épinière n'est donc en partie qu'un organe de transmission vers le cerveau, ou inversement, du cerveau vers la moelle; mais en partie aussi elle constitue un centre nerveux indépendant, apte à donner naissance à

des mouvements combinés à la suite de l'impulsion produite par l'activité d'un nerf afférent.

Si l'on considère la moelle comme un organe conducteur, une question se présente : toutes les parties de la moelle conduisent-elles indifféremment tous les genres d'impulsion? ou certaines parties de la moelle ne propagent-elles que certains genres d'impulsions?

Les expériences suivantes répondent en partie à ces questions :

Si l'on coupe la moitié antérieure de la substance blanche de la portion dorsale de la moelle, la volonté ne peut plus exercer aucune influence sur les muscles qui reçoivent des nerfs du segment de la moelle au-dessous de la section. Une section semblable, pratiquée à travers la moitié postérieure de la matière blanche dans cette région, n'a aucun effet sur la transmission des impulsions volontaires. Il est donc évident que, dans la portion dorsale de la moelle, les impulsions nerveuses envoyées du cerveau sont transmises à travers la partie antérieure de la matière blanche.

La moitié postérieure de la substance blanche peut être coupée entièrement sur un point donné, et la moitié antérieure à un point situé au-dessus du précédent, de façon que toutes les fibres blanches soient divisées transversalement par l'une ou par l'autre de ces sections sans interrompre la continuité matérielle de la moelle ou sans endommager la matière grise.

A la suite de cette opération l'irritation des nerfs sensitifs qui sont en rapport avec les parties situées au-dessous de la section excite aussi fortement que jamais la sensation de douleur. Il suit de là que les impulsions centripètes, aptes à provoquer de la douleur quand elles ont atteint le cerveau, traversent la substance grise et sont transmises au cerveau par son intermédiaire. L'expérience a d'ailleurs

prouvé que, aussi longtemps que même une petite portion de la matière grise reste entière, ces impulsions centripètes sont suffisamment transmises. Il est toutefois très-surprenant que l'irritation de la matière grise elle-même ne cause aucune douleur.

Si une moitié de la moelle, la droite, par exemple, est coupée transversalement jusqu'à son centre, de façon à interrompre toute continuité des substances blanches et grises entre la partie supérieure et l'inférieure, l'irritation de la peau sur le côté droit du corps au-dessous de la ligne de la section donnera lieu à la même somme de douleur qu'auparavant, mais toute puissance volontaire sera anéantie dans les muscles de cette région qui reçoivent leurs nerfs de la portion inférieure de la moelle. Il suit de là que les canaux par lesquels sont transmises les impulsions afférentes ou centripètes doivent passer de la moitié de la moelle, par laquelle elles pénètrent, à la moitié opposée, tandis que les impulsions centrifuges ou efférentes, qui proviennent du cerveau, doivent se transmettre le long de la moitié de la moelle par laquelle elles sortent pour se rendre à certaines régions du corps.

Si cette proposition est vraie, il est clair qu'une section longitudinale, faite par le milieu exact de la moelle, diminuera beaucoup la sensibilité des deux côtés du corps au-dessous de la section, mais laissera entièrement les muscles sous le contrôle de la volonté. L'expérience prouve qu'il en est réellement ainsi.

15. Telles sont les fonctions de la moelle prise dans son ensemble. Mais des régions particulières de cet organe semblent remplir la fonction spéciale d'agir comme centres sur les nerfs *vaso-moteurs* qui se distribuent aux muscles des vaisseaux et à beaucoup de viscères.

Les parois musculaires des vaisseaux sanguins qui se

distribuent à l'oreille et à la peau de la tête, par exemple, se contractent, ainsi que nous l'avons déjà vu, à l'aide de

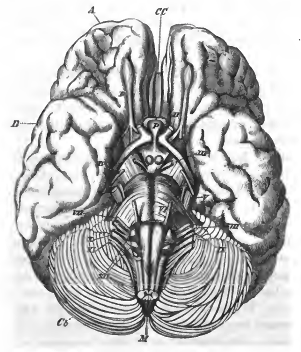


Fig. 71. — La base du cerveau.

A, lobe frontal; B, lobe temporal des hémisphères cérébraux; CC, corps calleux; Cb, cervelet; M, moelle allongée; P, corps pituitaire; I, nerf olfactif; II, nerf optique; III, IV, VI, nerfs des muscles de l'œil; V, nerf trijumeau; VII, position dure de la cinquième paire; VIII, nerf auditif; X, pneumogastrique; XI, accessoire de Willis; XII, hypoglosse; ou nerf moteur de la langue. Le chiffre VI est placé sur le *pont de Varole*. Les pédoncules du cerveau sont formés par ces larges surfaces de fibres nerveuses qui se trouvent de chaque côté entre la troisième et la quatrième paire de nerfs.

fibres nerveuses qui tiennent immédiatement au sympathique. Cependant ces fibres ne prennent pas naissance dans

les ganglions sympathiques, mais elles ne font que les traverser dans leur trajet de la moelle épinière aux régions dorsales supérieures, jusqu'où l'on peut toutes les suivre.

C'est pourquoi la matière grise de la portion supérieure de la moelle est un *centre vaso-moteur* pour la tête et la face.

16. Le cerveau (fig. 72) est un organe complexe composé de plusieurs parties, dont la plus inférieure, appelée *moelle allongée*, passe insensiblement dans la moelle épinière, et offre dans sa région inférieure la même structure que ce dernier organe.

Mais en haut la moelle allongée se développe et le canal central se développant simultanément, devient une cavité spacieuse dont on peut dire qu'elle est largement ouverte; cette cavité porte le nom de *quatrième ventricule;* une grande masse nerveuse laminée, le cervelet, surplombe le quatrième ventricule (*Cb*, fig. 71, 72, 73). De chaque côté cet organe envoie plusieurs couches de fibres transverses qui passent par-dessus le cerveau et se rejoignent au milieu de sa base en formant une sorte de pont appelé *pont de Varole* (fig. 71) au-devant de la moelle allongée. Les fibres nerveuses longitudinales de la moelle allongée se dirigent en avant, entre les couches de fibres transversales. Elles deviennent visibles, au-devant du pont de Varole, sous la forme de deux faisceaux divergents que l'on nomme les *pédoncules cérébraux* (fig. 71). Au-dessus des pédoncules se trouve une masse de substance nerveuse qui offre quatre élévations hémisphériques appelées les *tubercules quadrijumeaux* (*Cq*, fig. 73). Entre ces tubercules et les pédoncules du cerveau est un passage étroit qui va du quatrième ventricule dans ce que l'on a appelé le *troisième ventricule* du cerveau. Ce troisième ventricule est une cavité étroite placée entre deux grandes masses de matière nerveuse

appelées les *couches optiques* dans lesquelles passent les pédoncules du cerveau. La base du troisième ventricule est

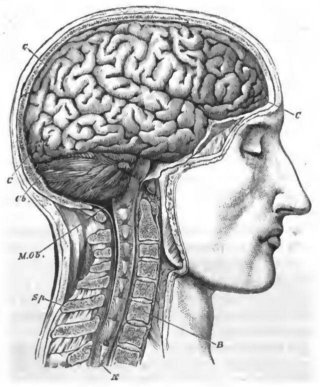


Fig. 72.

Vue de profil du cerveau et de la portion supérieure de la moelle épinière les parties qui recouvrent les centres cérébro-spinaux ont été enlevées. CC, circonvolutions ou plis de l'hémisphère droit du cerveau; Cb, cervelet; MOb, moelle allongée; B, corps des vertèbres cervicales; Sp, leurs épines; N, moelle épinière avec les nerfs spinaux.

simplement membraneux, et un corps particulier dont la fonction est inconnue, la *glande pinéale*, est en rapport

de contiguïté avec cette partie. Le plancher du troisième ventricule se façonne en une sorte de canal qui aboutit à un autre organe singulier, le corps pituitaire (*Pt*, fig. 73).

Le troisième ventricule est fermé en avant par une couche mince de matière nerveuse, mais au delà de ce point, de chaque côté, il y a sur la paroi un orifice qui conduit à une cavité spacieuse. Cette dernière occupe le centre de l'hémisphère cérébral et s'appelle le *ventricule latéral*. Chaque hémisphère s'agrandit en arrière, en bas et en avant en autant de lobes, et le ventricule latéral offre des prolongations correspondantes ou des *cornes*.

Le plancher du ventricule latéral est formé d'une masse de matière nerveuse appelée le *corps strié*, dans lequel pénètrent les fibres qui ont traversé les couches optiques (fig. 73, *C*, *S*).

Les hémisphères sont si grands, qu'ils surplombent toutes les autres parties du cerveau et que, vus d'en haut, ils les cachent complètement. Leurs faces, qui se regardent, sont séparées par une scissure médiane dans la plus grande portion de leur étendue; inférieurement, elles sont réunies par une masse épaisse de fibres transversales, le corps calleux (fig. 71, *CC*).

Les surfaces externes des hémisphères sont conformées en *circonvolutions* ou *plis* par des sillons nombreux et profonds dans lesquels pénètre la pie-mère. Une scissure large et profonde, qui sépare la portion antérieure de la portion moyenne du cerveau, porte le nom de *scissure de Sylvius* (fig. 72).

17. Dans la moelle allongée la distribution de la matière blanche et de la grise est substantiellement semblable à celle qui se trouve dans la moelle épinière; la matière blanche est à l'extérieur, la grise à l'intérieur, tandis que,

dans les couches optiques et le corps strié, les matières grise et blanche sont diversement mêlées.

18. Les nerfs viennent du cerveau par paires qui se succèdent d'avant en arrière, au nombre de douze paires (fig. 78).

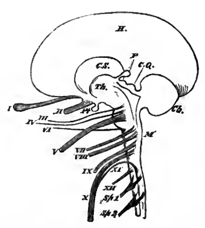


Fig. 75. — Diagramme qui montre les rapports des régions du cerveau et l'origine des nerfs.

H, hémisphères cérébraux. CS, corps strié. Th, couche optique. P, glande pinéale. Pt, corps pituitaire. CQ, tubercules quadrijumeaux, Cb, cervelet. M, moelle allongée. I, douze paires de nerfs crâniens. Sp1, Sp2, première et seconde paire de nerfs rachidiens.

D'avant en arrière, ce sont :

La première paire, *nerfs olfactifs.*

La seconde, *nerfs optiques.*

La troisième, *nerfs moteurs oculaires*, qui se distribuent à tous les muscles de l'œil, sauf à deux.

La quatrième et la sixième paire fournissent chacune un des muscles de l'œil de chaque côté : la quatrième va à l'oblique supérieur; la sixième, au droit externe. Ainsi les muscles de l'œil, si petits et si rapprochés qu'ils soient,

reçoivent leur stimulant nerveux de trois nerfs distincts.

La cinquième paire a deux racines, toutes deux très-grosses : l'une motrice, l'autre sensitive ; elle ressemble d'ailleurs à un nerf rachidien, en ce qu'elle a un ganglion sur la racine sensitive. C'est ce nerf qui fournit des nerfs à la peau de la face et aux muscles de la mâchoire et qui, ayant trois divisions principales, est souvent appelé *trijumeau*.

La septième paire, ou nerf *facial*, fournit des filets moteurs aux muscles de la face et à quelques autres.

La huitième paire forme les nerfs *auditifs*. Comme la septième et la huitième paire quittent simultanément la cavité crânienne, elles sont souvent décrites comme une seule paire divisée en *portion dure* (nerf facial) et *portion molle* (nerf auditif) de la septième paire.

La neuvième paire porte le nom de *nerf glosso-pharyngien ;* elle est constituée par des nerfs mixtes qui sont en partie sensibles au *goût* et en partie moteurs pour les musles du pharynx.

La dixième paire est formée par les deux nerfs *pneumogastriques*. Les pneumogastriques et les nerfs de la onzième paire sont les seuls nerfs crâniens qui se distribuent à des régions du corps éloignées de la tête. Le pneumogastrique fournit des filets au larynx, aux poumons, au foie et à l'estomac ; quelques-unes de ses branches sont en rapport avec le cœur.

La onzième paire s'appelle *nerf spinal ;* elle diffère profondément de toutes les autres, en ce qu'elle naît des côtés de la moelle, entre les racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens. Ces nerfs s'élèvent, en rassemblant leurs fibres à mesure qu'ils montent, jusqu'à la moelle allongée et quittent ensuite le crâne par le même orifice que le pneumogastrique et le glosso-pharyngien. Ce sont des nerfs purement moteurs, tandis que le pneumogastrique

est principalement sensitif ou tout au moins centripète. Le glosso-pharyngien, le pneumogastrique et le nerf spinal quittent le crâne simultanément, et on les a souvent décrits comme formant une seule paire, qui alors porte le nom de huitième.

Les deux derniers, par ce procédé de description, deviennent la neuvième paire; mais, en réalité, ils constituent la douzième paire; ce sont des nerfs moteurs, qui fournissent des filets aux muscles de la langue et portent le nom de *grand hypoglosse*[1].

19. Parmi les nerfs crâniens, les deux premiers ne méritent pas ce nom à proprement parler; ils ne sont, en réalité, que des saillies du cerveau. Les nerfs olfactifs sont des prolongations des hémisphères cérébraux; les nerfs optiques sont des prolongations des parois du troisième ventricule; il est digne de remarque que ces deux paires de nerfs, pour ainsi dire *faux*, sont les seules qui ne proviennent pas de la moelle allongée; tous les autres *vrais nerfs* peuvent être rattachés directement ou indirectement à cette partie de l'encéphale, tandis que le nerf olfactif et le nerf optique ne peuvent pas y être suivis.

20. Ainsi qu'on peut s'y attendre d'après cette seule circonstance, la moelle allongée est une portion extrêmement importante de l'axe cérébro-spinal, et toute lésion de cette partie donne lieu immédiatement à des conséquences fâcheuses du genre le plus sérieux.

[1] La distribution ancienne des nerfs crâniens en neuf paires était due à Willis. Celle qui aujourd'hui est universellement adoptée est due à Sœmmering, nous la résumons ici en quelques lignes : 1re paire, nerf olfactif; 2e, nerf optique; 3e, nerf moteur oculaire commun; 4e, nerf pathétique; 5e, nerf trijumeau ou trifacial; 6e, nerf moteur oculaire externe; 7e, nerf facial; 8e, nerf auditif; 9e, glosso-pharyngien; 10e, pneumogastrique; 11e, nerf spinal; 12e, nerf grand hypoglosse. E. D.

La simple piqûre d'un côté du plancher du quatrième ventricule produit subitement une augmentation de la quantité de sucre du sang en dehors de celle qui peut être détruite dans l'organisme. Le sucre quitte le corps par les reins et cette légère blessure de la moelle allongée produit la maladie appelée *diabète sucrée.*

Des lésions plus étendues arrêtent les fonctions respiratoires, car la moelle allongée est le centre nerveux qui provoque les contractions des muscles inspirateurs et maintient en activité la *pompe respiratoire.*

Si les lésions de la moelle allongée sont de nature à irriter violemment les racines du pneumogastrique, la mort survient par l'arrêt de l'action du cœur selon le mode que nous avons décrit (leçon II).

21. Les impulsions centripètes qui sont transmises par la moelle au cerveau et y provoquent des sensations, passent immédiatement, ainsi que nous l'avons vu, d'une moitié de la moelle à l'autre, après qu'elles y ont pénétré par les racines postérieures des nerfs rachidiens, tandis que les impulsions centrifuges ou volitives demeurent à travers la moelle dans cette même moitié, d'où elles passeront, s'il y a lieu, dans les racines antérieures. Mais, à la partie inférieure et antérieure de la moelle allongée, un croisement s'effectue et l'on voit les fibres blanches qui transmettent ces impressions passer obliquement de gauche à droite et de droite à gauche, réalisant ainsi ce que l'on appelle la décussation des pyramides antérieures (fig. 71). Il suit de là que, sur un point plus élevé que celui de la décussation, toute lésion faite aux fibres nerveuses qui transmettent du cerveau les impulsions motrices paralysent les muscles du tronc et des membres du côté opposé.

C'est pourquoi la section de l'un des pédoncules du cerveau, la section du pédoncule droit, par exemple, pa-

ralysera le côté gauche du corps et des membres et que l'animal en expérience tombera sur le côté gauche, parce que les membres de ce côté ne sont plus en état de supporter son poids.

Mais comme les nerfs moteurs qui proviennent du cerveau ne s'entre-croisent pas de cette façon, il s'ensuit que la maladie ou la blessure d'un point donné sur un côté de la moelle allongée, comprenant en même temps le trajet des conducteurs volitifs vers la moelle épinière et les origines des nerfs moteurs crâniens, les symptômes seront *croisés;* à la tête ils seront du même côté que le point affecté, dans le corps du côté opposé.

Si, par exemple, l'origine du nerf facial gauche est lésée, et que les fibres volitives motrices qui vont à la moelle soient détruites dans la portion supérieure de la moelle allongée, les muscles de la face du côté gauche seront paralysés et les traits seront tirés du côte opposé, car les muscles du côté droit ne trouvent aucune résistance pour contre-balancer leur action. Mais c'est le bras et la jambe droits et le côté droit du tronc qui seront sans force.

22. Les fonctions de la plupart des parties du cerveau qui se trouvent au-devant de la moelle allongée, sont jusqu'à présent fort mal comprises; mais il est certain qu'une lésion étendue ou l'enlèvement d'un hémisphère cérébral, met fin à l'intelligence et au mouvement volontaire et place l'animal dans la condition d'une machine qui agit par les actions réflexes de la portion restante de l'axe cerébro-spinal.

Aussi il n'y a aucun doute que les hémisphères cérébraux sont le siége de facultés nécessaires à la production de ces phénomènes que nous appelons l'intelligence et la volonté, mais il n'y a jusqu'à ce jour aucune preuve satisfaisante que la manifestation d'un genre particulier de facultés men-

tales soit spécialement attribuable ou exclusivement liée à l'activité d'une région limitée des hémisphères cérébraux.

23. Alors même que les hémisphères cérébraux sont intacts et en pleine possession de leurs facultés, le cerveau est le siége d'actes qui sont aussi complétement réflexes que ceux de la moelle épinière.

Quand les paupières se ferment sous l'action d'une vive lumière ou de la menace d'un coup, une action réflexe se produit, dans laquelle le nerf afférent (centripète) est le nerf optique; l'efférent (centrifuge) est le facial. Quand une mauvaise odeur provoque une grimace, il y a une action réflexe à travers le même nerf moteur, mais c'est le nerf olfactif qui a servi de conduit afférent ou centripète. C'est pourquoi, dans ces cas, l'action réflexe doit se passer à travers le cerveau, car tous les nerfs qui y prennent part sont crâniens.

Quand le corps est frappé de saisissement à la suite d'un bruit retentissant, le nerf auditif centripète provoque une impression qui se dirige vers la moelle allongée, et, par là, affecte la grande majorité des nerfs moteurs de l'organisme.

24. On peut dire que ce sont là des actes purement mécaniques, qui n'ont rien à voir dans les opérations que nous rattachons à l'intelligence. Examinons toutefois ce qui se passe dans une action telle que la lecture à haute voix; dans ce cas, toute l'attention est ou doit être fixée sur le sujet du livre, et une multitude d'actes musculaires très-délicats s'accomplissent, dont le lecteur n'a point du tout conscience. Ainsi le livre est tenu en mains à une distance convenable des yeux, les yeux se meuvent d'un côté à l'autre et de haut en bas sur les pages. De plus les mouvements rapides les plus délicatement ajustés des muscles des lèvres, de la langue et de la gorge, des mus-

cles respiratoires et laryngiens sont compris dans la production de la parole. Peut-être le lecteur est-il debout et accompagne-t-il sa lecture de gestes appropriés. Et cependant chacun de ces actes musculaires, exécuté sans qu'il ait conscience d'autre chose que du sens des mots qu'il prononce. Ce sont en d'autres termes des actions réflexes.

25. Les actions réflexes spéciales à la moelle épinière elle-même, sont naturelles et sont comprises dans la structure de la moelle et les propriétés de ses éléments. A l'aide du cerveau, nous pouvons acquérir une infinité d'actions réflexes réfléchies. En d'autres termes, une action peut demander toute notre attention et toute notre volonté pour sa première, sa seconde et sa troisième exécution ; mais par sa répétition fréquente elle devient, d'une certaine façon, une partie de notre organisme et est exécutée sans volition et même sans conscience.

Comme chacun le sait, les exercices militaires demandent un temps considérable pour être convenablement exécutés, et, par exemple, pour qu'un soldat se place dans l'attitude voulue au moment même où le commandement *garde à vous !* est entendu. Mais après un certain temps, le son du mot provoque l'acte, que le soldat y ait ou non songé. On raconte souvent qu'un vieux soldat, qui rapportait son dîner chez lui, rencontra un mauvais plaisant qui eut l'idée de commander « garde à vous, » soudain le vétéran laissa tomber ses mains verticalement et le dîner par terre. Si l'histoire n'est pas vraie, elle est au moins vraisemblable : « l'école de peloton » avait été bien complète, et ses leçons s'étaient incarnées dans la structure nerveuse de notre homme.

La possibilité d'une éducation quelconque (l'exercice militaire n'est qu'une forme d'éducation) est fondée sur l'existence de cette faculté que possède le système ner-

veux, de transformer des actes conscients en opérations plus ou moins inconscientes ou réflexes. On peut dire en règle que si deux états de l'esprit sont provoqués simultanément ou successivement avec une fréquence et une vivacité convenables, la production de l'un d'entre eux suffira pour évoquer l'autre, que nous le voulions ou non.

L'objet de l'éducation intellectuelle est de créer de telles associations indissolubles dans nos idées des choses, selon l'ordre et les relations qu'elles offrent dans la nature; l'objet de l'éducation morale est d'unir aussi solidement nos idées de mauvaises actions avec celles de douleur et de dégradation, nos idées de bonnes actions avec celles de bonheur et de noblesse.

26. Le système nerveux du *grand sympathique*, consiste principalement en une double chaîne de ganglions qui se trouvent sur les côtés et au-devant de la colonne vertébrale, réunis entre eux et avec les nerfs rachidiens par des filets qui sont intermédiaires. De ces ganglions partent des filets qui, pour la plupart, suivent la distribution des vaisseaux, mais qui dans le thorax et l'abdomen forment des réseaux ou *plexus*, sur le cœur et autour de l'estomac. Il est probable qu'une grande partie des fibres du système sympathique dérive de la moelle épinière; mais d'autres aussi très-probablement prennent naissance dans les ganglions du sympathique lui-même. Les nerfs sympathiques agissent généralement sur les muscles des vaisseaux, plus particulièrement sur ceux du cœur, des intestins et de quelques autres viscères, et il est probable que ses ganglions sont les centres d'actions réflexes de ces organes aux nerfs centripètes (afférents). Mais nous avons vu que plusieurs des nerfs moteurs des vaisseaux, sont sous l'influence de régions particulières de la moelle épinière, quoiqu'ils passent à travers les ganglions sympathiques.

LEÇON XII

HISTOLOGIE OU TEXTURE INTIME DES TISSUS

1. Les divers organes et parties du corps que nous venons de décrire, ne sont pas seulement séparables par l'œil et le scalpel de l'anatomiste en membranes, nerfs, muscles, os, cartilages etc. ; chacun d'eux analysé plus profondément à l'aide du microscope, nous montre qu'il se décompose finalement, en parties élémentaires extrêmement petites, qui doivent être considérées provisoirement comme les derniers éléments du corps.

2. Il y a une époque où le corps humain, ou plutôt son rudiment, offre dans toute sa masse une texture uniforme, qui consiste en une sorte de matière informe ou *blastème*, plus ou moins transparente, dans l'épaisseur de laquelle sont disséminées de petites particules arrondies, qui offrent à l'œil des aspects divers. Ces particules portent le nom de noyaux, et comme le blastème ou matière dans laquelle ces noyaux sont incrustés, se divise bientôt en petites masses sphéroïdales, une autour de chaque noyau, et que ces masses enveloppantes prennent facilement la

forme de vésicules ou *cellules*, cette texture primitive s'appelle *cellulaire* et chaque cellule est dite *à noyau.*

A mesure que le développement s'avance, les noyaux de ce tissu amorphe (*indifférent*) augmentent simplement en nombre, par division et subdivision. Mais la substance

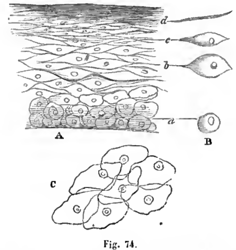


Fig. 74.

. Section verticale d'une couche de l'épiderme ou épithélium de sa surface libre à sa surface profonde. B. Vue latérale des cellules dont cette couche se compose à différentes hauteurs *a b c d*. C. Écailles d'épiderme telles que celles que l'on voit en *d* par leurs côtés plats.

Grossissement d'environ 250 diamètres.

qui les enveloppe ordinairement, appelée paroi cellulaire ou substance intercellulaire, se modifie de diverses façons, dans sa composition chimique et dans sa structure, et donne naissance aux particularités par lesquelles les tissus complétement formés se distinguent les uns des autres.

3. Parmi ces tissus, l'*épiderme* et quelques formes d'*épithélium* offrent la texture la plus simple après le sang et

les globules de la lymphe (leçon III). Ces tissus croissent constamment par leurs parties profondes et se réduisent en poussière, avec une constance égale, sur leur surface libre.

La partie profonde consiste en une couche de cellules à noyaux arrondis, comme celles dont nous avons parlé et dont le nombre s'accroît constamment par la division spontanée des noyaux et des cellules. L'augmentation de leur quantité, réalisée de la sorte, détermine une propul-

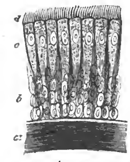


Fig. 75. — Épithélium ciliaire.

a, tissu vasculaire sous-muqueux ; *b*, couche profonde de eunes cellules épithéliales ; *c*, cellules cylindriques complétement développées munies de leurs cils.

Grossissement d'environ 350 diamètres.

sion vers la surface de l'excès du nombre des cellules ; en route, ces cellules s'aplatissent et leurs parois acquièrent une texture cornée. Arrivées à la surface, elles ne sont plus guère que des écailles mortes cornées et se détachent (fig. 74). L'épithélium de ce genre s'appelle *squameux*. On le trouve à la bouche et l'on peut toujours avoir de ces écailles en abondance en raclant l'intérieur des lèvres.

Dans les autres parties du canal alimentaire, comme

par exemple dans les intestins, les cellules épithéliales complétement développées, sont placées côte à côte perpendiculairement à la surface de la peau. Cet épithélium porte le nom de *cylindrique* (fig. 75). Dans quelques glandes, telles que les glandes gastriques, les cellules épithéliales restent *globuleuses*.

L'épithélium ciliaire est ordinairement du genre cylindrique et ne diffère des autres épithéliums que parce qu'à la surface du premier sont implantés un ou deux filaments qui vibrent incessamment.

4. Sur quelques points de la peau l'épiderme se métamorphose en ongles et en cheveux.

Sous chaque ongle la couche profonde de la peau est particulièrement modifiée pour former le lit de l'ongle. Elle est très-vasculaire et forme de nombreux sillons parallèles semblables à des papilles allongées (fig. 76, B C). Les surfaces de ces papilles sont recouvertes de cellules épidermiques naissantes et qui, à mesure qu'elles s'aplatissent et deviennent cornées, se réunissent pour former une lame continue solide, l'ongle. A la région postérieure du lit de l'ongle, la peau forme un repli profond au fond duquel, de la même manière, de nouvelles cellules épidermiques s'ajoutent à la base de l'ongle qui se trouve ainsi forcé de pousser.

L'ongle recevant ainsi constamment des additions de cellules d'en bas et d'en arrière, glisse légèrement en avant sur son lit et s'avance au delà de l'extrémité du doigt; ou il s'use ou est coupé.

5. Un *cheveu* est composé comme un ongle, de cellules cornées réunies, mais au lieu d'être enveloppé en partie seulement dans un repli de la peau, il est tout d'abord renfermé entièrement dans une sorte de sac, le bulbe pilifère, du fond duquel s'élève une papille qui correspond à un

sillon simple de l'ongle. Le cheveu se développe par la conversion en tissu corné des cellules épidermiques super-

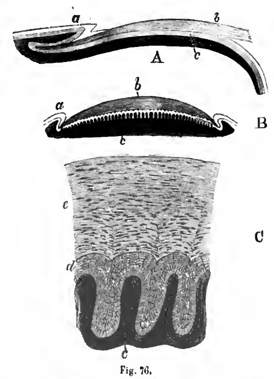


Fig. 76.

A. Section longitudinale et verticale d'un ongle. *a*, repli à la base de l'ongle; *b*, l'ongle. La figure B est une section transversale du même ongle. *a*, petits replis latéraux de la peau; *b*, ongle; matrice de l'ongle avec ses rebords. La figure C est une vue très-agrandie d'une partie de la précédente; *c*, replis; *d*, couches profondes de l'épiderme; *e*, écailles cornées réunies pour former la substance de l'ongle.

Les figures A et B agrandies d'environ 4 diamètres, la figure C d'environ 200.

ficielles qui tapissent la papille et qui prennent la forme d'un manche creux. Ces cellules se réunissent et les cel-

lules cornées se trouvant incessamment remplacées par de nouvelles pousses d'en bas qui subissent la même transformation, le tube du cheveu est poussé à l'extérieur jusqu'à ce qu'il ait atteint la longueur totale qui lui est propre. Sa base cesse ensuite de pousser et l'ancienne papille ainsi que son bulbe meurent, mais pas avant d'avoir formé une nouvelle papille et un nouveau bulbe sur les côtés de l'ancienne. Ainsi un nouveau cheveu prend nais-

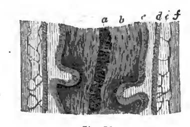


Fig. 77.

Parties du tube d'un cheveu contenu dans son bulbe et traité par la soude caustique qui a produit la torsion du cheveu; *a*, moelle; *b*, partie corticale; *c*, cuticule du tube; *d* et *e* lames internes et externes de la racine; *f*, parois du bulbe.

Grossissement d'environ 200 diamètres.

sance. Le tube d'un cheveu de la tête se compose d'une matière centrale ou *médullaire*, d'une texture molle et pourvue d'orifices qui parfois contiennent de l'air; d'une substance *corticale* qui l'entoure, et qui constituée par des cellules cornées réunies ; et d'un *cuticule* extérieur formé de lames cornées plates, placées transversalement autour du tube de façon à se recouvrir l'une l'autre par leurs bords externes à la façon de tuiles étroitement rassemblées. Les cellules épidermiques superficielles du bulbe se réunissent également par leurs bords et se convertissent en enveloppes qui embrassent la racine du cheveu et s'en vont d'ordinaire avec lui quand il est expulsé.

Deux glandes sébacées s'ouvrent ordinairement dans le bulbe pilifère, près de son ouverture et fournissent au cheveu une sorte de pommade naturelle; des fibres musculaires lisses sont dans des relations telles, avec le bulbe que, quand elles se contractent, elles le font passer de sa position oblique naturelle à une position perpendiculaire à la peau (fig. 28, B).

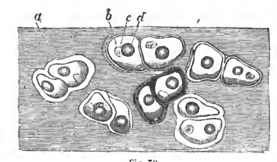


Fig. 78.

Section de cartilage qui montre le blastème ou matrice (*a*) avec les groupes de cellules (*b*) qui contiennent des noyaux (*c*) et des globules de graisse (*d*).

Grossissement d'environ 350 diamètres.

Ces fibres musculaires se contractent sous l'influence du froid ou de la peau, et donnent lieu aux « horripilations, » à « la chair de poule » et aux cheveux qui « se dressent sur la tête. »

6. Le *cristallin* se compose de fibres qui son des cellules modifiées, de l'épiderme de cette portion retournée de la peau dont toute la chambre antérieure de l'œil et la lentille, sont primitivement formées.

7. *Cartilage*. Tandis que l'épithélium et l'épiderme ne se rencontrent que sur les surfaces libres du corps, les cartilages sont situés profondément au sein des organes. Ils se composent d'une matière élastique, demi-transpa-

rente, résistante, qui abandonne, par l'ébullition, une substance appelée la *chondrine* et qui contient un grand nombre de petites cavités dans lesquelles se trouvent des cellules à un seul noyau ou des groupes de ces cellules (fig. 78). Le nombre de ces cellules augmente par subdivision. Le cartilage ne contient pas de vaisseaux ou ne contient que ceux qui lui parviennent des régions voisines.

8. *Tissu connectif* (appelé aussi *fibreux* ou *aréolaire* ou plus souvent encore *connectif*). — (Voy. p. 11, note.)

Ce tissu, le plus répandu dans l'organisme, consiste en bandes, en paquets ou en lames, de substance blanchâtre qui offrent l'aspect de fibres tissées et qui peut être mécaniquement divisé en d'innombrables filaments. Il se gonfle et abandonne la gélatine quand on le fait bouillir dans l'eau.

L'addition d'acide acétique fort, détermine aussi le gonflement et la transparence du tissu connectif, qui perd entièrement son aspect fibreux et révèle en outre la présence de deux éléments que l'acide acétique n'attaque pas, savoir : des noyaux et des fibres élastiques de différents degrés de finesse. Si l'acide est neutralisé à ce moment par un alcali faible, le tissu connectif reprend son opacité partielle et son aspect fibrillaire. Les noyaux proviennent de ceux qui existaient dans le tissu amorphe (indifférent), d'où est provenu le tissu connectif, tandis que les fibres élastiques, de même que celles qui abandonnent de la gélatine par l'ébullition, proviennent des transformations du blastème (matrice). La proportion des fibres élastiques, par rapport à celles qui ont de la gélatine, varient dans le tissu connectif des différentes régions du corps, quelquefois les fibres élastiques sont tellement nombreuses, que l'élasticité est le caractère le plus marqué du tissu qui en est formé.

Les ligaments et les tendons sont de simples cordes ou des bandes de tissu connectif très-dense. Dans quelques régions du corps, le tissu connectif est plus ou moins mêlé au cartilage et finit par se fondre avec le tissu ; de là le nom de fibro-cartilage donné à cette fusion (voyez leçon VII).

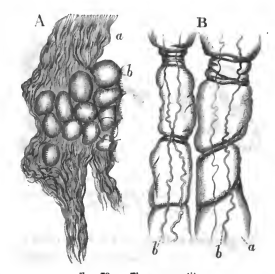


Fig. 79. — Tissu connectif.

A. État naturel ; *a*, tissu connectif ; *b*, cellules graisseuses. B. Le même tissu modifié par l'acide acétique montrant (*a*) la matière qui abandonne la gélatine gonflée et transparente et (*b*) les fibres élastiques.

Grossissement d'environ 300 diamètres.

9. Les cellules graisseuses sont disséminées dans l'épaisseur du tissu connectif, dans lequel elle s'accumulent quelquefois en grandes quantités. Ce sont des sacs sphéroïdes composés d'une membrane délicate, sur l'un des côtés de la laquelle se trouve un noyau et qui sont gonflés par de la matière grasse dont les parties les plus solides

cristallisent parfois après la mort. L'éther dissout la graisse et laisse les sacs vides et rapprochés (fig. 80).

Une accumulation considérable de cellules de graisse, existe constamment dans quelques parties du corps, comme dans l'orbite, ainsi qu'autour des reins et du cœur; ailleurs la présence de ces cellules dépend beaucoup de l'état de la nutrition. En réalité, on peut les con-

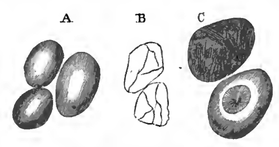


Fig. 80. — Cellules de graisse.
A, aspect naturel; B, cellules vides et ridées; C, cellules munies de cristaux de graisse.

sidérer simplement comme une réserve formée par le nutriment (p. 19) qui a été absorbé par l'organisme au delà de sa consommation moyenne.

10. Les *cellules pigmentaires* sont des cellules ou épidermiques ou épithéliales, dans lesquelles se trouvent déposées des granulations colorées; ce sont parfois des éléments cellulaires des parties profondes du corps au sein desquelles se produit un dépôt coloré. Ainsi la couleur de la choroïde et de l'iris proviennent de la présence d'une couche de ces cellules.

11. Les os sont essentiellement composés d'une base organique imprégnée de carbonate et de phosphate de chaux; dans l'épaisseur de ce composé, on rencontre, dis-

séminées, des *lacunes*, petites cavités qui servent de centre à une multitude de ramifications creuses, appelées *canalicules*. Ces canalicules se réunissent et établissent ainsi une communication entre les différentes lacunes. Si, par l'action des solutions acides, on détruit la substance inorganique, on trouve constamment un noyau au centre de chaque lacune et la substance intermédiaire prend fréquemment l'aspect de petites fibrilles. Sur un os sec, les lacunes sont ordinairement remplies d'air. Quand une section mince d'un os est recouverte d'eau et d'une lame de verre, ainsi qu'on le fait d'ordinaire pour l'examen microscopique, l'air des lacunes réfracte la lumière qui les traverse de façon à l'empêcher d'arriver jusqu'à l'œil; c'est pourquoi elles paraissent noires. On a supposé autrefois, mais à tort, que les lacunes étaient des corps solides qui contenaient les sels de chaux de l'os, et on les a appelées corpuscules osseux (fig. 81 C).

Tous les os, sauf les plus petits, sont traversés par des petits canaux transformés par leurs branches latérales en un réseau, et contiennent des vaisseaux supportés par une quantité plus ou moins considérable de tissu connectif et de matière grasse. Ces canaux portent le nom de *conduits de Havers* (fig. 81, A, B). Ils viennent toujours s'ouvrir, à la longue, à la surface de l'os, et là les vaisseaux qu'ils renferment viennent s'aboucher avec ceux d'une lame épaisse de tissu connectif qui enveloppe l'os et s'appelle le *périoste*.

Dans plusieurs os longs, tels que celui de la cuisse, le centre de l'os est creusé d'une cavité considérable qui contient une grande quantité de graisse maintenue par un tissu connectif très-délicat, riche en vaisseaux sanguins et qui porte le nom de *moelle* (medulla); les extrémités internes des canaux d'Havers communiquent avec cette

cavité et leurs vaisseaux sont continus avec ceux de la moelle.

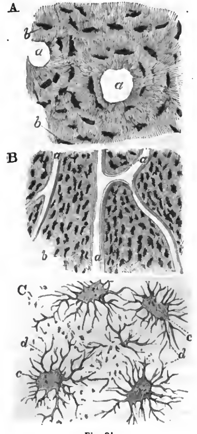


Fig. 81.

A. Section transversale d'un os dans le voisinage de deux canaux d'Havers *aa*; *b*, lacunes. Grossissement d'environ 250 diamètres.

B. Section longitudinale d'os avec les canaux d'Havers *aa* et les lacunes *b*. Grossissement d'environ 100 diamètres.

C. Lacunes *c* et canalicules *d*. Grossissement d'environ 600 diamètres.

Quand on coupe un os qui contient des canaux d'Havers, on trouve que les lacunes sont dispersées en zones concentriques autour de chacun des conduits d'Havers, de sorte que la substance de l'os semble *laminée*, et là où existe une cavité médullaire, elle est enveloppée d'un nombre plus ou moins grand de ces conduits.

Cette organisation provient du mode de développement des os. Il existe primitivement, à la place de chaque os, ou un cartilage ou un tissu connectif, à peine sorti de sa forme primitive de tissu amorphe. Quand l'*ossification* commence, les vaisseaux des parties adjacentes s'étendent dans le tissu ossifiant et les sels calcaires se précipitent tout autour. Ces sels calcaires envahissent tout le tissu ossifiant excepté dans le voisinage immédiat de ses noyaux, autour de chacun desquels un espace vide, une *lacune* est réservée. Les lacunes et les canalicules sont donc des espaces respectés par la matière osseuse autour de chaque noyau, d'où il résulte que l'on trouve des noyaux dans les lacunes des os complétement développés.

L'os, une fois formé, ne persiste point tel qu'il est pendant toute la vie ; ses parties disparaissent, se renouvellent constamment. Néanmoins la croissance d'un os, en règle générale, se produit par addition à ses extrémités et à ses surfaces libres. C'est ainsi que les os du crâne croissent en épaisseur à leur surface, et en largeur à leurs bords, ou ils se réunissent par des *sutures;* quand ces sutures sont fermées, les os cessent de s'accroître en largeur.

Les os des membres qui sont précédés de modèles cartilagineux complets, croissent de deux façons. Ce modèle cartilagineux croît et grossit à ses extrémités, jusqu'à ce que les os aient atteint leur développement complet ; il per-

siste jusqu'à la fin de la vie, sous forme de *cartilage articulaire*. Mais dans le milieu ou dans le corps de l'os, le cartilage ne croît pas en même temps qu'augmentent les dimensions de l'os; il se revêt successivement de couches osseuses produites par l'ossification de la partie du périoste qui se trouve la plus voisine du cartilage. Le corps de l'os ainsi formé, se creuse graduellement à l'intérieur pour former la cavité médullaire, de façon qu'à la fin, le cartilage primitif disparaît totalement.

Quand l'ossification s'établit, les sels de chaux ne sont pas uniformément répandus à travers toute la masse de cartilage préxistant ou de tissu connectif, mais ils commencent à se déposer sur des points particuliers appelés *centres d'ossification*, et de là se répandent dans l'épaisseur de l'os. Ainsi un os long offre habituellement trois centres d'ossification au moins. Un pour le milieu du corps et un pour chaque extrémité. C'est seulement chez les adultes que les trois masses osseuses, ainsi formées, s'unissent en un seul os.

12. Les *dents* participent de la nature des os plutôt que d'aucun autre organe; ils sont composés en effet de véritable matière osseuse qui porte ici le nom de *cément;* mais leurs matières constituantes principales sont deux autres tissus qui portent le nom de *dentine* (ivoire) et d'*émail*.

Chaque dent offre une couronne qui est exposée à s'user, et une ou plusieurs racines qui sont enfoncées dans des cavités creusées dans la mâchoire, les *alvéoles*, et garnies de la membrane muqueuse fort épaisse de la bouche qui porte le nom de *gencives*. La ligne de jonction des alvéoles et des racines est le *collet* de la dent. Dans l'intérieur de la dent se trouve une cavité qui communique avec l'extérieur, par des canaux qui traversent les racines

et s'ouvrent à leur extrémité. Cette cavité s'appelle *cavité du bulbe*; elle renferme une substance très-riche en vaisseaux et en nerfs, le bulbe (germe ou pulpe) dentaire, qui se prolonge en bas à travers les ouvertures des racines, avec la membrane muqueuse des gencives.

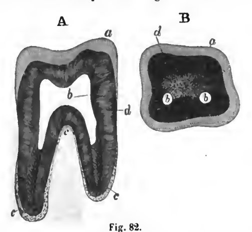


Fig. 82.

A. Section verticale d'une dent. B. Section horizontale; *a*, émail de la couronne; *b*, cavité du bulbe; *c*, cément des racines; *d*, dentine. Grossissement d'environ 3 diamètres.

L'élément principal de la dent est la *dentine*, substance calcaire dense, contenant moins de matière organique que l'os, et différent en outre en ce qu'elle ne possède ni lacunes ni canalicules propres. A leur place se trouvent de petits tubes innombrables, parallèles et ondulés, qui se ramifient aux branches latérales. Les extrémités les plus larges de ces tubules s'ouvrent dans la cavité du bulbe, tandis que les ramifications ultimes les plus grêles, se ramifient à la surface de la dentine et peuvent même s'étendre jusqu'au cément ou à l'émail (fig. 83, C).

L'*émail* consiste en très-petites fibres, à six faces étro-

tement rapprochées, côte à côte, à angle droit, avec la surface de la dentine et recouvrant la couronne de la dent

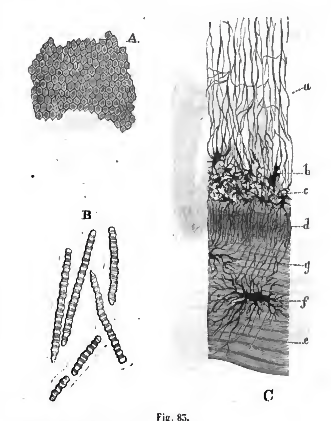


Fig. 83.

A. Fibres de l'émail, section transversale.

B. Fibres de l'émail séparées et vues par leurs côtés.

C. Section d'une dent à la jonction de la dentine ou ivoire (*a*) et du cément (*e*); *bc*, cavités irrégulières dans lesquelles se terminent les tubules de la dentine; *d*, tubules qui leur font suite; *f g*, lacunes et canalicules du cément.

Grossissement d'environ 400 diamètres.

jusqu'au collet, point auquel l'émail s'amincit et se fond dans le cément (fig. 83, A, B).

L'émail est le tissu le plus dur de l'économie; il ne contient pas plus de 2 pour 100 de matière organique.

Le *cément* recouvre les racines et offre la texture d'un véritable os; mais comme il n'offre qu'une couche fort mince, il est dépourvu de canaux d'Havers (fig. 83, C).

13. Le développement de la dent commence longtemps avant la naissance. Un sillon se montre dans la gencive, sur le côté de chaque mâchoire et au fond de ce sillon de la gencive, cinq papilles vasculaires et nerveuses s'élèvent, ce qui fait vingt en tout. Les parois du sillon se développent simultanément entre ces papilles et sur chacune d'elles et se trouve de la sorte enfermées dans ce que l'on appelle les *sacs dentaires*.

Peu à peu chaque papille prend la forme d'une dent future. Ensuite il se produit un dépôt de matière calcaire au sommet de la papille, qui s'étend de là en bas, vers sa base. Sur la couronne il prend la forme d'émail et de dentine; sur la racine il prend la forme de dentine et de cément. A mesure qu'il se développe, il entame la substance de la papille, qui persiste à l'état de bulbe dentaire. Les dents complètement formées pressent sur les parois supérieures des sacs dans lesquels elles sont renfermées, et déterminant une absorption plus ou moins complète de ces parois, elles se frayent un chemin et l'on dit qu'elles *percent*.

La poussée de cette première série de dents, appelées *provisoires* ou *dents de lait*, commence vers le sixième mois et se termine vers la fin de la seconde année. On en compte alors vingt, huit *incisives*, quatre *canines* ou œillères et huit *molaires*.

Chacun des sacs dentaires des dents de lait produit, à

mesure qu'il se forme, une petite prolongation qui se loge dans la mâchoire, grossit et développe une papille à l'aide de laquelle se forme une nouvelle dent. A mesure que cette nouvelle dent augmente de volume, elle comprend la racine de la dent de lait qui l'a précédée, et détermine de la sorte l'absorption de la racine, et finalement la chute de la dent, dont elle prend la place. Ainsi chaque dent de lait se trouve remplacée par une dent de la dentition dite *permanente*. Les incisives permanentes et les canines sont plus grosses que les dents de lait du même nom, mais, d'ailleurs, elles s'en distinguent fort peu. Les molaires permanentes, qui remplacent les molaires de lait, sont petites, et leurs couronnes ou faces horizontales, n'ont que deux saillies ou *cuspides;* c'est pourquoi on les appelle *bicuspides*. Elles n'ont jamais plus de deux racines.

14. Nous avons, par ce qui précède, expliqué l'existence de vingt dents. Mais comme la dentition complète de l'adulte se compose de trente-deux dents, douze molaires viennent s'ajouter aux vingt dents qui correspondent aux dents de lait et les remplacent. Quand le cinquième sac dentaire, c'est-à-dire le plus en arrière des dents de lait, est formé, la partie du sillon qui se trouve en arrière se recouvre d'une membrane, de même que pour les dents de lait (fig. 13) et s'étend, dans la partie postérieure de la mâchoire où elle se divise en trois sacs dentaires. Dans ces sacs, des papilles se forment et donnent naissance aux grosses molaires permanentes, qui ont quatre et quelquefois cinq saillies (ou cuspides) sur leurs couronnes carrées, et à la mâchoire supérieure possèdent ordinairement trois racines.

La première de ces dents, la molaire antérieure de chaque côté, est celle qui perce le plus tôt de toutes les dents permanentes; elle se montre vers l'âge de six ans. La der-

nière ou la plus reculée des molaires se perce la dernière et ne se montre pas d'ordinaire avant l'âge de vingt et un ou vingt-deux ans. Aussi l'appelle-t-on dent de *sagesse*.

15. Il y a deux genres de muscles : ceux qui ont des fibres *striées* et ceux qui ont des fibres *lisses*.

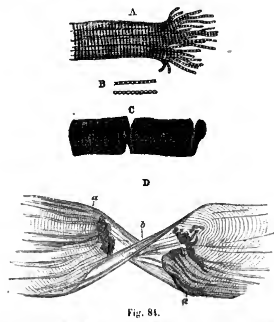


Fig. 84.

A. *a*, fibre musculaire dépourvue de sarcolemme et divisée à ses extrémités en ses fibrilles; B, fibrilles séparées; C, fibres musculaires qui se séparent en disque; D, fibre musculaire dont la matière contractile est déchirée tandis que l'enveloppe ou sarcolemme a résisté.

Grossissement d'environ 350 diamètres.

Les muscles *striés* qui forment tous les muscles ordinaires du tronc et des membres, se composent de faisceaux de fibres ordinairement unis à leurs extrémités par des cordes ou paquets de tissu connectif, les *tendons* (voy.

leçon VII). Les faisceaux sont enveloppés et rassemblés à l'aide d'un tissu connectif qui supporte les vaisseaux et les nerfs du muscle, et forme quelquefois sur sa surface externe une enveloppe dense qui porte le nom de *fascia*.

Dans la fibre musculaire striée, il n'entre ni vaisseaux ni tissu connectif. En effet, chaque fibre est enveloppée d'une membrane sans structure, épaisse, élastique, transparente, appelée le sarcolemme (fig. 84).

Le sarcolemme n'est pas contractile, mais son élasticité lui permet de s'ajuster lui-même, assez exactement, aux changements de forme de la substance contractile qu'il contient.

La substance contractile, quand elle n'est pas altérée, offre une striation transversale des mieux marquées; sa texture semble composée de disques, en partie opaques, qui alternent régulièrement avec d'autres disques d'une substance plus transparente. Une striation plus affaiblie peut encore s'observer. Quand le sarcolemme est déchiré, la substance contractile se divise en disques (fig. 84, C) ou plus souvent et plus vite se sépare en petites *fibrilles* (fig. 84, A B) qui, chacune, vue par la lumière réfléchie, offre des parties sombres et claires qui alternent à des intervalles, qui correspondent exactement aux distances des stries transversales de la fibre entière. On voit çà et là des noyaux dans la substance contractile, dans l'intérieur du sarcolemme.

Dans le cœur, les fibres musculaires sont striées et offrent la même structure essentielle que celle qui vient d'être décrite, mais elles n'ont point de sarcolemme.

Un muscle *lisse* consiste en fibres allongées qui prennent la forme de rubans; ces fibres n'offrent point de stries, et chacune d'elle présente un noyau qui ressemble

à un bâtonnet; enfin ces fibres ne se subdivisent point en fibrilles et n'ont point de sarcolemme (fig. 85, B).

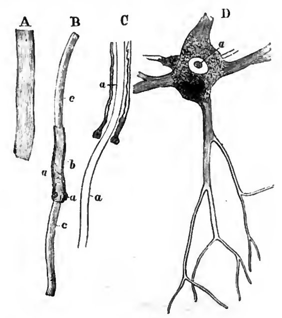


Fig. 85.

A, fibre nerveuse intacte à l'état frais. B, fibre nerveuse dans laquelle la plus grande partie de l'enveloppe et du contenu coagulé (*a b*) ont été expulsés du cylindre-axe (*c c*). C, fibre nerveuse dont la portion supérieure garde son enveloppe et son contenu coagulé tandis que le cylindre-axis (*aa*) sort. D, corpuscule ou cellule ganglionnaire; *a*, son noyau et nucléole.

Grossissement d'environ 350 diamètres.

16. Le *tissu nerveux* contient deux éléments : les fibres nerveuses et les corpuscules ganglionnaires. Les fibres nerveuses ordinaires, telles que celles qui forment les éléments essentiels de tous les nerfs, sauf des olfactifs (première paire), sont pendant la vie, ou tout au moins à l'état

frais, des filaments à peu près cylindriques d'un aspect clair et légèrement visqueux. Mais, peu après la mort, une sorte de coagulation se produit dans les fibres et on les trouve alors composées d'une membrane extérieure très-délicate, amorphe (que l'on ne doit pas confondre avec le névrilème), qui forme un tube au centre duquel passe un filament solide, le *cylindre-axis*. Entre le cylindre-axe et le tube, se trouve un liquide dont on a extrait une substance solide, qui réfracte fortement la lumière et qui tapisse ses parois.

Telle est la texture intime de tous les gros troncs nerveux; ces éléments se trouvent placés côte à côte dans le cordon nerveux et sont réunis par un tissu connectif délicat, renfermé dans une enveloppe de la même substance appelée le nevrilème. Dans les troncs nerveux, les fibres restent parfaitement distinctes l'une de l'autre et se subdivisent rarement, si même elles se subdivisent jamais. Mais quand les nerfs pénètrent dans un organe central, ou qu'ils approchent de leurs terminaisons périphériques, les fibres nerveuses se divisent fréquemment en branches. Dans tous les cas, ils deviennent de plus en plus petits jusqu'à ce qu'à la fin le cylindre-axe l'enveloppe et que son contenu ne soit plus séparable, et le nerf devient un filament homogène dont les terminaisons ultimes dans les organes sensitifs et dans les muscles, ne sont pas encore bien connues.

17. Dans la leçon VIII, nous avons mentionné des corps particuliers appelés les *corpuscules du tact* qui sont formés par des petites masses de tissu connectif spécialement modifiées en relations avec les extrémités des nerfs dans les papilles de la peau.

Dans la figure 86, on peut voir quatre de ces papilles qui ont été rendues transparentes, auxquelles on a ôté la

couche d'épiderme qui les recouvre; la plus grosse contient un corpuscule du tact (*e*).

Dans le cerveau et la moelle d'un autre côté, il est certain que, dans plusieurs cas, les extrémités fines des fibres nerveuses se continuent avec les appendices des corpuscules ganglionnaires.

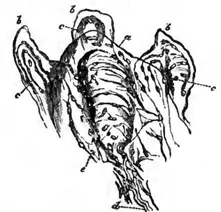


Fig. 86. — Papilles de la peau du doigt.
a, grosse papille contenant un corpuscule du tact; *e*, avec son nerf *d*; *b*, autres papilles sans corpuscules mais offrant des arcades vasculaires *c*. Grossissement d'environ 300 diamètres.

18. Les *nerfs olfactifs* sont des fibres plates, pâles, n'offrant aucune distinction entre l'axe, le cylindre et son contenu, mais pourvues de vaisseaux distribués à intervalles dans leur longueur.

19. Les *corpuscules ganglionnaires* se trouvent principalement dans l'axe cérébro-spinal, dans les ganglions des racines postérieures des nerfs et dans ceux du grand sympathique; mais ils existent aussi ailleurs, notamment dans quelques-uns des organes des sens (voy. leçon IX).

Ce sont des corps sphéroïdaux qui renferment une cavité

centrale dans laquelle se trouve un noyau (fig. 85, D *a*). chaque ganglion envoie un deux ou plusieurs prolongements qui peuvent se diviser et se subdiviser; dans quelques cas, ils s'unissent avec les prolongements d'autres corpuscules, tandis que, dans d'autres, ils se continue avec les fibres-nerfs.

TABLEAUX STATISTIQUES

DES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DU CORPS HUMAIN

Le poids moyen d'un homme peut être évalué à 70 kilogrammes (154 livres ang. = $69^k,762$).

I. — STATISTIQUE GÉNÉRALE.

Un homme de ce poids est composé comme il suit :

Muscles et accessoires.	31,00 kilogr.
Squelette.	12,40 —
Peau.	5,00 —
Graisse.	12,00 —
Cerveau.	1,40 —
Viscères thoraciques.	1,20 —
Viscères de l'abdomen.	4,00 —
	67,00 kilogr. [1]

[1] L'addition de 3 kilogr. de sang, quantité qui peut facilement être extraite du corps, en porterait le poids total à environ 70 kilogr. Cependant une quantité considérable de sang resterait toujours dans

ou { en poids des liquides. . . . . . 40 kilogr.
en poids des solides. . . . . . . 30 —

70 kilogr.

Les solides consistent dans les corps simples, en oxygène, hydrogéne, carbone, azote, phosphore, soufre, silice, chlore, fluor, potassium, sodium, calcium (lithium), magnesium, fer, (manganèse, cuivre, plomb), et peuvent être rangés dans les catégories suivantes :

Protéines. — Amyloïdes. — Graisses. — Minéraux.

En vingt-quatre heures, le corps humain, que nous avons ainsi décomposé, perdrait en eau environ 2,700 grammes ; en autres substances environ 900 grammes ; dans cette dernière somme le carbone figure pour environ 250 grammes, l'azote pour 25 grammes et d'autres substances minérales pour 25 grammes. Ce corps développerait par jour une chaleur suffisante pour élever 2000 kilogrammes d'eau de 0 à 1°, ce qui équivaut à la force nécessaire pour élever à 30 centimètres de hauteur un poids de trois millions de kilogrammes environ.

Les pertes s'effectuent par diverses voies, savoir :

Par les	EAU. Grammes.	SUBST. DIV. Grammes.	AZOTE. Grammes.	CARBONE. Grammes.
Poumons. . . .	320	770	—	210
Reins.	1500	65	16	10
Peau.	650	45	6	6
Matières fécales.	130	50	2	30
Total.	2600	930	24	256

les capillaires et dans les petits vaisseaux sanguins; elle doit être comprise dans les poids des différents tissus. La quantité totale du sang du corps est maintenant évaluée à environ $\frac{1}{13}$ de son poids total, c'est-à-dire à environ 6 kilogr.

L'*avoir* et le *doit* ou la recette et la dépense d'une journée se balanceraient comme il suit :

Recette :	Aliments solides secs	0,500	grammes
	Oxygène	0,650	—
	Eau	2,300	—
		3,450	grammes
Dépense :	Eau	2.600	grammes
	Autres substances	0,850	—
		3,450	grammes

II. — DIGESTION.

La nourriture quotidienne du corps humain supposé plus haut, exige 250 grammes de carbone, 20 grammes d'azote, qui, associés aux autres éléments indispensables à l'entretien de la vie, seraient avantageusement répartis sous la forme des substances suivantes :

Substances protéiques	125	grammes
Substances amyloïdes	280	—
Substances grasses	80	—
Substances minérales	25	—
Eau	2,340	—
	2,850	grammes

Ce poids total d'éléments nutritifs, peut être obtenu, par exemple, à l'aide des aliments suivants :

Bœuf	350	grammes
Pain	370	—
Lait	400	—
Pommes de terre	200	—
Beurre	35	—
Eau potable	1,500	—
	2,850	grammes

Les excréments s'élèveront chaque jour à 1,800 gram-

mes qui contiendront 50 grammes au moins de substances solides.

III. — CIRCULATION.

Dans ce même corps le cœur battrait 75 fois par minute et chasserait à chaque battement de chaque ventricule de 80 à 10 centimètres cubes ou environ 95 ou 100 grammes de sang.

Dans les grosses artères le mouvement du sang s'effectuerait à la vitesse de 30 centimètres par seconde et dans les capillaires à la vitesse de 25 ou 40 millimètres par minute; le temps nécessaire pour effectuer un tour entier, serait probablement d'environ 30 secondes.

Le ventricule gauche exercerait sur l'aorte une pression probablement égale à celle d'une colonne de sang de 50 centimètres de hauteur pour 1 centimètre carré de surface; ou si l'on veut d'une colonne de mercure de 25 centimètres de hauteur sur 6,47 centimètres carrés de surface; en mécanique cette pression représente un travail équivalant à la force nécessaire pour élever 30 mille kilogrammes à 10 centimètres de hauteur; le travail du cœur entier est d'environ 40 mille kilogrammes.

IV. — RESPIRATION.

Le corps en question respirerait 15 fois par minute.

Les poumons contiendraient environ 1,600 centimètres cubes d'air de *résidu* (p. 105), une quantité à peu près égale d'air *supplémentaire*, et de 32 à 48 centimètres cubes d'air *courant* (p. 105).

La capacité vitale de la poitrine, c'est-à-dire, la plus grande quantité d'air qui puisse être inspirée ou expirée, serait d'environ 3,680 centimètres cubes.

Chaque jour le poumon serait traversé par un volume d'air égal à près de 110 mètres cubes.

En passant à travers le poumon cette masse d'air perdrait de 4 à 6 pour 100 de son volume d'oxygène, et gagnerait de 4 à 5 pour 100 d'acide carbonique.

Dans les vingt-quatre heures il consommerait environ 650 grammes d'oxygène et produirait près de 800 grammes d'acide carbonique qui contiennent 210 grammes de carbone. Dans le même espace de temps, les poumons exhaleraient 325 grammes d'eau.

En vingt-quatre heures, un tel corps vicierait 50 mètres d'air pur dans la proportion de 1 pour 100, et 500 mètres dans la proportion de 1 pour 1,000. Si l'on évalue la proportion d'acide carbonique dans l'atmosphère à 3 parties pour 10,000, et celle de l'air expiré à 470 pour 10,000, ce corps demanderait chaque jour un volume de 700 mètres cubes d'air ordinaire pour que l'atmosphère ambiante ne contînt pas plus de 1 pour 1,000 d'acide carbonique. Quand l'air est vicié par des êtres vivants au point de contenir plus de 1 pour 1,000 d'air carbonique, les impuretés qui accompagnent cette altération deviennent appréciables à l'odorat. Un homme du poids indiqué (70 kilogrammes) doit donc avoir au moins 27 mètres cubes d'un espace bien ventilé.

V. — EXCRÉTION CUTANÉE.

Un tel corps exhalerait par la peau environ 650 grammes d'eau, 20 grammes de matières solides et 25 grammes d'acide carbonique dans les vingt-quatre heures.

VI. — EXCRÉTION RÉNALE.

Cet corps évacuerait par les reins 1,500 grammes

d'eau, 300 grammes d'urée et 300 grammes d'autres substances dans les vingt-quatre heures.

VII. — ACTION NERVEUSE.

Dans la grenouille l'impulsion nerveuse voyage à raison de 25 mètres par seconde. Dans l'homme l'impulsion nerveuse a été diversement calculée à raison de 30, 60 ou 90 mètres par seconde.

VIII. — HISTOLOGIE.

Les globules rouges du sang ont environ 1 dixième de millimètre de largeur ; les fibres lisses ont 6 millièmes de millimètre de largeur; les globules blancs ont 8 millièmes de millimètre.

Les fibres musculaires striées ont environ de 15 à 50 millièmes de millimètre.

Les fibres nerveuses varient entre moins 4 millièmes de millimètre et 1 neuf-millième de millimètre.

Les fibrilles de tissu connectif sont environ de 5 à 10 centièmes de millimètre.

Les écailles épidermiques de la peau ont environ 5 millièmes de millimètre en largeur.

Les vaisseaux capillaires sanguins ont de 7 millièmes à 12 centièmes de millimètre en diamètre.

Les cils vibratiles des voies aériennes ont environ de 5 à 50 millièmes de millimètre en longueur.

Les cônes de la « tache jaune » de la rètine sont d'environ 2 ou 3 centièmes de millimètre de largeur.

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

LEÇON I

Aperçu général de la structure et des fonctions du corps humain.

(Pages 1 à 26.)

15. La station debout est la résultante de plusieurs actions combinées.
16. Relations de la volonté avec l'action musculaire.
17. La moelle épinière a la propriété de transformer en mouvements musculaires les impressions externes.
18. Sensations spéciales.
19. Les tissus se renouvellent incessamment.
20. Ce renouvellement s'effectue à l'aide de l'appareil alimentaire, qui transforme l'aliment en nutriment et par :
21, 22. Les organes de la circulation, qui distribuent le nutriment dans tout l'organisme.
23. Les organes excréteurs séparent les matériaux usés de l'organisme.
24. Double fonction du poumon.
25. Le système nerveux combine les actions de différents organes.
26. La vie et la mort.
27. La mort locale s'opère incessamment dans l'organisme.
28. Mort générale; mort du corps dans son ensemble et mort des tissus.
29. Genres de mort.
30. Décomposition et diffusion.

LEÇON II

Système vasculaire et circulation.

(Pages 27 à 66.)

1. Nature et arrangement des capillaires.
2. Structure et propriétés des artères et des veines.
3. Différences entre les artères et les veines.
4. Structure et fonctions des valvules veineuses.
5. Lymphatiques.
6. Vaisseaux lactés.
7. Vue générale de la distribution des vaisseaux dans l'organisme et de leurs rapports avec le cœur.
8, 9. Le cœur, ses connexions et sa structure; le péricarde et l'endocarde, les oreillettes et les ventricules.
10. Valvules du cœur, leur structure, leur fonction et leur effet.
11. Systole et diastole.
12. Travail du cœur. Explication du mécanisme par lequel le cœur, par ses contractions, chasse le sang dans une même direction.
13. Fonctions des artères.
14. Battements du cœur.

LEÇON III

Le sang et la lymphe.

(Pages 66 à 84.)

LEÇON IV

Respiration.

(Pages 84 à 118.)

1. Le sang est un produit très-complexe provenant de toutes les parties du corps.
2. Le sang devient veineux dans les capillaires.
3. Différences entre le sang artériel et le veineux.
4. Diffusion des gaz.
5. Cause du changement dans la couleur du sang.
6. Le sang est transformé d'artériel en veineux dans les capillaires de l'ensemble du corps; de veineux en artériel dans les capillaires pulmonaires.
7. Essence de la respiration.
8. Mécanisme de la respiration.
9. Nécessité du renouvellement de l'air dans les poumons.
10. Acte respiratoire: inspiration, expiration.
11. Différences entre l'air inspiré et expiré.
12. Somme de travail accompli par les poumons.
13. Mécanisme des mouvements respiratoires. Élasticité des poumons.
14. Contractilité des parois des tubes bronchiques. Action des cils vibratiles.
15. Mouvements des parois de la poitrine. Les muscles intercostaux.
16. Le diaphragme.
17. Comparaison entre l'action des muscles intercostaux et du diaphragme.
18. Muscles accessoires.
19. Soupir, toux, etc.
20. La poitrine comparée à un air de résidu, air supplémentaire, complémentaire, courant et stationnaire.
21. L'air stationnaire joue le rôle d'intermédiaire.
22. Composition de l'air stationnaire.
23. Mécanisme respiratoire sous le contrôle du système nerveux.

24, 25. La respiration et la circulation composés.

26. Murmures respiratoires.
27. L'inspiration aide à la circulation.

28, 29. Effets de l'expiration sur la circulation. Arrêt du cœur par la distension des poumons.

30. L'activité des actions respiratoires est modifiée par les circonstances.

LEÇON V

Sources de pertes et de gains pour le sang.

(Pages 118 à 152.)

LEÇON VI

Fonctions alimentaires.

(Pages 152 à 176.)

LEÇON VII

Mouvement et locomotion.

(Pages 176 à 209.)

LEÇON VIII

Sensations et organes sensoriels.

(Pages 209 à 238.)

1, 2. Les mouvements animaux résultent d'une série de changements qui ont leur origine dans les impressions externes
3. Action réflexe. Sensations et conscience.
4. Sensations subjectives.
5. Sens musculaire.
6. Sens plus élevés.
7. Plan général d'un organe sensoriel.
8. Le toucher. Papilles. Corpuscules du tact.
9. Fonctions de l'épithélium.
10. Le toucher est plus fin dans quelques régions de la peau que dans d'autres.
11. Sensation de froid et de chaud.
12. Le goût. Papilles de la langue.
13. L'odorat. Anatomie des narines. Les os des cornets.
14. Explication de l'éternument.
15. Parties essentielles de l'organe de l'ouie; labyrinthe membraneux. Canal moyen du limaçon. Otolithes, fibres de Corti.
16. Vestibule. Canaux semi-circulaire, périlymphe, endolymphe.
17. Limaçon. Canaux du tympan, du vestibule et moyen.
18. Labyrinthe osseux.
19. Conduit externe, le tympan et la trompe d'Eustache.
20. Osselets de l'ouïe.
21. Muscles du tympan.
22. Conque et pavillon.
23. Nature du son.
24. Vibration du tympan.
25. Transmission des vibrations du tympan.
26. Action des osselets de l'ouïe.
27. A l'aide du labyrinthe membraneux nous apprécions la quantité ou l'intensité des sons; par le limaçon nous discernons leur qualité.
28, 29. Fonctions probables des fibres de Corti.
30. Fonctions des muscles du tympan. Trompe d'Eustache.

LEÇON IX

L'organe de la vue.

(Pages 239 à 262.)

LEÇON X

Coordination des sensations entre elles et avec les autres états dits de conscience.

(Pages 263 à 282.)

3. Analyse d'une sensation obtenue en promenant le doigt sur une table.
4. La notion de rondeur est un jugement très-complexe; expérience d'Aristote.
5. Les « illusions des sens » sont en réalité des erreurs de jugement.
6. Sensations subjectives; erreurs de jugement dues à des conditions anormales de l'organisme. Spectres auditifs et oculaires.
7. Cas de madame A..., d'après les relations de sir D. Brewster.
8. Ventriloquisme.
9. Erreurs d'optique.
10. Images visuelles rapportées à quelque point extérieur au corps.
11. Renversement des images visuelles.
12. Images visuelles distinctes rapportées par l'esprit à des objets distincts. Verres multiplicateurs.
13. Jugement des distances par le volume et l'intensité des images visuelles. Perspective.
14. Verres grossissants.
15. Pourquoi le soleil ou la lune paraissent plus gros près de l'horizon.
16. Jugement des formes par les ombres.
17. Jugements sur les changements de forme. Le thaumatrope.
18. Vision simple avec les deux yeux.
19. Le pseudoscope.
20. Jugement sur les corps solides; le stéréoscope.

LEÇON XI

Système nerveux et innervation.

(Pages 285 à 307.)

1. Le système nerveux.
2. Système cérébro-spinal et système sympathique.
3. Membranes de l'axe cérébro-spinal.
4. La moelle. Racines des nerfs spinaux.
5. Section transversale de la moelle. Matière grise et blanche.
6. Propriétés physiologiques des nerfs.
7, 8. Les racines antérieures des nerfs spinaux motrices, les postérieures sensitives.
9. Changements moléculaires que subit un nerf quand on l'irrite. Propagation de la volonté. Nerfs afférents et efférents.
10. Courant électrique des nerfs.

LEÇON XII

Histologie ou structure intime des tissus.

(Pages 308 à 330.)

TABLEAUX STATISTIQUES

DES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DU CORPS HUMAIN.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH

